

**EVALUACIÓN DE JUNTAS SOLDADAS DE ACERO API 5L GRADO B CON  
PROCESOS MIXTOS SMAW, GTAW Y FCAW SEGÚN CÓDIGO ASME  
SECCIÓN IX**

**CAROLINA CÁCERES PACHECO  
YULENNY GUTIÉRREZ FLÓREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES  
BUCARAMANGA**

**2012**

**EVALUACIÓN DE JUNTAS SOLDADAS DE ACERO API 5L GRADO B CON  
PROCESOS MIXTOS SMAW, GTAW Y FCAW SEGÚN CÓDIGO ASME  
SECCIÓN IX.**

**CAROLINA CÁCERES PACHECO  
YULENNY GUTIÉRREZ FLÓREZ**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Metalúrgica**

**DIRECTOR:**

**Dr. ORLANDO JOSÉ GÓMEZ MORENO**

**CODIRECTOR:**

**Ing. GABRIEL ORLANDO PORRAS ARÉVALO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA MATERIALES  
BUCARAMANGA**

**2012**

## DEDICATORIA

*A mi madre **MARY PACHÉCO FONSECA** por su amor, sacrífico y dedicación, por ser mi apoyo incondicional, por tener siempre fé en mí, hacer realidad los sueños que alguna vez pensé lejanos y haber hecho de mí la persona que soy hoy.*

*Al todopoderoso por darme la vida y lo máspreciado de mi vida*  
**MIS PADRES.**

*A mi madre CARMENZA FLÓREZ NAVAZ, por ser mi apoyo, el  
pilar de mi vida y el mejor ejemplo de pujanza y perseverancia.*

*A mi padre LUIS EDUARDO GUTIÉRREZ PINZÓN, por apoyarme,  
y enseñarme que todo en la vida requiere de compromiso, esfuerzo y  
dedicación.*

*A mi hermana, JENNIFER GUTIÉRREZ FLÓREZ por su cariño y  
ejemplo de valentía y coraje.*

*A mi sobrina SARHAY DAYANNA GUTIÉRREZ BARBOSA por  
llenar de alegría nuestros días con tu hermosa presencia.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al todo poderoso, por permitirnos alcanzar este importante logro profesional

A nuestra familia, por brindarnos su amor y ser el pilar fundamental de nuestras vidas

A la universidad industrial de Santander por formar profesionales con alta calidad humana, académica y competitiva

A INGESOL LATINOAMERICA por la financiación del presente Trabajo de Investigación, a través del proyecto titulado “EVALUACIÓN DE JUNTAS SOLDADAS DE ACERO API 5L GRADO B CON PROCESOS MIXTOS SMAW, GTAW Y FCAW SEGÚN CÓDIGO ASME SECCIÓN IX”

A nuestro director de proyecto, doctor Orlando JOSE GOMEZ, por su permanente disposición y ayuda en el transcurso de nuestro aprendizaje.

A nuestro codirector, GABRIEL ORLANDO PORRAS por su desinteresado apoyo y constante acompañamiento.

Al soldador OMAR CELIS, por su colaboración e incondicionalidad

## CONTENIDO

|                                                                     | <b>Pág.</b> |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|
| INTRODUCCIÓN                                                        | 20          |
| <br>                                                                |             |
| 1. OBJETIVOS                                                        | 22          |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL                                                | 22          |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS                                           | 22          |
| <br>                                                                |             |
| 2. CONCEPTOS TEÓRICO                                                | 23          |
| 2.1 INTRODUCCIÓN AL CÓDIGO ASME                                     | 23          |
| 2.2 SECCIÓN IX DEL CÓDIGO ASME                                      | 23          |
| 2.2.1 Requisitos generales de soldadura (Artículo 1).               | 24          |
| 2.2.1.1 Examen visual                                               | 24          |
| 2.2.1.2 Prueba de tensión                                           | 24          |
| 2.2.1.3 Prueba de dobléz guiado                                     | 26          |
| 2.2.1.4 Macroataque                                                 | 27          |
| 2.2.1.4.1 Criterios de aceptación de Macroataque                    | 28          |
| 2.3 METALOGRAFÍA                                                    | 28          |
| 2.4 MICRODUREZA                                                     | 28          |
| 2.5 PROCESOS DE SOLDADURA PARA ACEROS AL CARBONO API 5L<br>GRADO B. | 30          |
| 2.5.1 Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)             | 30          |
| 2.5.1.1 Metal de aporte                                             | 30          |
| 2.5.2 Soldadura por arco con varilla tubular (FCAW).                | 31          |
| 2.5.2.1 Metal de aporte                                             | 32          |
| 2.5.3 Soldadura por arco con electrodo de tungsteno con gas (GTAW). | 32          |
| 2.5.3.1 Metal de aporte                                             | 33          |

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL                            | 34 |
| 3.1 PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LA SOLDADURA  | 35 |
| 3.1.1 Especificación del procedimiento de soldadura.   | 35 |
| 3.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS PROCEDIMIENTOS     | 36 |
| 3.2.1 Registro de calificación de procedimiento.       | 36 |
| 3.3 CARACTERIZACIÓN METAL BASE                         | 36 |
| 3.4 REALIZACIÓN DE LAS SOLDADURAS                      | 38 |
| 3.5 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA | 38 |
| 3.5.1 Metalografía.                                    | 38 |
| 3.5.2 Microdureza.                                     | 39 |
| 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS                               | 40 |
| 4.1 PRUEBA DE TENSIÓN                                  | 40 |
| 4.1.1 Resultados prueba de tensión.                    | 40 |
| 4.1.1.1 Proceso GTAW                                   | 40 |
| 4.1.1.2 Proceso GTAW-FCAW                              | 41 |
| 4.1.1.3 Proceso GTAW-SMAW                              | 42 |
| 4.1.1.4 Proceso SMAW                                   | 43 |
| 4.1.1.5 Proceso SMAW-FCAW                              | 44 |
| 4.1.2 Propiedades mecánicas de las juntas soldadas.    | 45 |
| 4.1.3. Análisis prueba de tensión.                     | 46 |
| 4.2 PRUEBA DE DOBLEZ                                   | 48 |
| 4.2.1 Resultados prueba de doblez                      | 48 |
| 4.2.2 Análisis resultados prueba de doblez.            | 51 |
| 4.3 MACROATAQUE Y METALOGRAFIA                         | 51 |
| 4.3.1 Resultados pruebas macroataque y metalografía.   | 51 |
| 4.3.2 Análisis de macroataque.                         | 57 |
| 4.3.3 análisis metalográfico.                          | 57 |
| 4.4 PRUEBA DE MICRODUREZA                              | 58 |
| 4.4.1 Resultados de microdureza.                       | 58 |

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 4.4.2 Análisis de resultados microdureza. | 60 |
| 5. CONCLUSIONES                           | 61 |
| 6. RECOMENDACIONES                        | 63 |
| BIBLIOGRAFÍA                              | 64 |
| ANEXOS                                    | 67 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                        | <b>Pág.</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 1. Probeta de Tensión con sección reducida – tubería.                           | 25          |
| Figura 2. Probeta para la prueba de doblez de cara.                                    | 26          |
| Figura 3. Probeta para la prueba de doblez de raíz.                                    | 27          |
| Figura 4. Puntos de indentación para toma de microdureza                               | 29          |
| Figura 5. Procedimiento experimental                                                   | 34          |
| Figura 6. Orden de Remoción de Probetas de Tensión y doblez guiado                     | 36          |
| Figura 7. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW (a)                            | 40          |
| Figura 8. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW(b)                             | 41          |
| Figura 9. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW-FCAW(a)                        | 41          |
| Figura 10. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW-FCAW(b)                       | 42          |
| Figura 11. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW-SMAW(a)                       | 42          |
| Figura 12. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW-SMAW(b)                       | 43          |
| Figura 13. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso SMAW(a)                            | 43          |
| Figura 14. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso SMAW (b)                           | 44          |
| Figura 15. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso SMAW-FCAW (a)                      | 44          |
| Figura 16. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso SMAW-FCAW (b)                      | 45          |
| Figura 17. Dobleza de raíz y de cara de las probetas soldadas con el proceso GTAW      | 48          |
| Figura 18. Dobleza de raíz y de cara de las probetas soldadas con el proceso GTAW-FCAW | 49          |
| Figura 19. Dobleza de raíz y de cara de las probetas soldadas con el proceso SMAW-GTAW | 49          |
| Figura 20. Dobleza de raíz y de cara de las probetas soldadas con el proceso SMAW      | 50          |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 21. Doblez de raíz y de cara de las probetas soldadas con el proceso SMAW-FCAW | 50 |
| Figura 22. Resultados macroataque y metalografía proceso GTAW                         | 52 |
| Figura 23. Resultados macroataque y metalografía proceso GTAW-FCAW                    | 53 |
| Figura 24. Resultados macroataque y metalografía proceso GTAW-SMAW                    | 54 |
| Figura 25. Resultados macroataque y metalografía proceso SMAW                         | 55 |
| Figura 26. Resultados macroataque y metalografía proceso SMAW-FCAW                    | 56 |
| Figura 27. Resultados microdureza zona superior de la junta                           | 59 |
| Figura 28. Resultados microdureza zona media de la junta                              | 59 |
| Figura 29. Resultados microdureza zona inferior de la junta                           | 60 |

## LISTA DE CUADROS

|                                                                                    | <b>Pág.</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Cuadro 1. Propiedades de los electrodos del proceso SMAW                           | 30          |
| Cuadro 2. Propiedades Mecánicas metal de aporte proceso SMAW.                      | 31          |
| Cuadro 3. Composición química metal de aporte proceso SMAW.                        | 31          |
| Cuadro 4. Propiedades mecánicas metal de aporte proceso FCAW                       | 32          |
| Cuadro 5. Composición química metal de aporte proceso FCAW                         | 32          |
| Cuadro 6. Propiedades mecánicas metal de aporte proceso GTAW                       | 33          |
| Cuadro 7. Composición química metal de aporte proceso GTAW                         | 33          |
| Cuadro 8. Comparación composición química del metal base                           | 37          |
| Cuadro 9. Comparación propiedades mecánicas metal base                             | 37          |
| Cuadro 10 Resultados resistencia a la tensión y límite elástico de juntas soldadas | 45          |
| Cuadro 11. Resultado porcentaje de elongación de las prueba de tensión             | 46          |
| Cuadro 12. Resultado porcentaje de reducción de área probetas de tensión           | 46          |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                             | <b>Pág.</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| ANEXO A. CERTIFICADO DE CALIDAD DE LA TUBERIA APIL GRADO B                                  | 68          |
| ANEXO B. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA<br>(WPS) PROCESO SMAW              | 69          |
| ANEXO C. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE<br>SOLDADURA (PQR) PROCESO SMAW       | 71          |
| ANEXO D. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA<br>(WPS) PROCESO GTAW              | 73          |
| ANEXO E. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE<br>SOLDADURA (PQR) PROCESO GTAW       | 75          |
| ANEXO F. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTODE SOLDADURA<br>(WPS) PROCESO SMAW-FCAW          | 77          |
| ANEXO G. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE<br>SOLDADURA (PQR) PROCESO SMAW-FCAW. | 79          |
| ANEXO H. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA<br>(WPS) PROCESO GTAW-SMAW         | 81          |
| ANEXO I. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE<br>SOLDADURA (PQR) PROCESO GTAW-SMAW. | 83          |
| ANEXO J. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA<br>(WPS) PROCESO GTAW-FCAW         | 85          |
| ANEXO K. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE<br>SOLDADURA (PQR) PROCESO GTAW-FCAW. | 87          |

## GLOSARIO

**ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDAR (WPS):** es un procedimiento de soldadura calificado y escrito preparado para proveer dirección para hacer soldaduras de producción en conformidad con requerimientos de Código. La WPS se puede usar para proveer dirección al soldador o al operario de soldadura para asegurar cumplimiento con los requerimientos del Código.

**REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (PQR):** Es un documento en el cual se plasman los resultados de las pruebas mecánicas realizadas a las muestras de soldadura. El PQR documentará todas las variables esenciales y cuando se requiera las variables esenciales suplementarias para cada proceso de soldadura usado.

**VARIABLES ESENCIALES:** Son variables que determinan las propiedades mecánicas del conjunto soldado, y algún cambio o modificación de ellas requerirá recalificación del WPS.

**VARIABLES ESENCIALES SUPLEMENTARIAS:** Son aquellas que por requerimientos de otras secciones del código requieren pruebas de impacto. Cuando se especifican pruebas de impacto o un cambio en una variable suplementaria, se requiere recalificación de WPS.

**VARIABLES NO ESENCIALES:** son aquellas que no afectan las propiedades mecánicas del conjunto soldado y algún cambio en estas puede ser registrado en el WPS sin recalificación del WPS.

## RESUMEN

**TITULO:** EVALUACIÓN DE JUNTAS SOLDADAS DE ACERO API 5L GRADO B CON PROCESOS MIXTOS SMAW, GTAW Y FCAW SEGÚN CÓDIGO ASME SECCIÓN IX\*

**AUTORES.** CÁCERES Pacheco Carolina,  
GUTIÉRREZ Flórez Yulenny\*\*

**PALABRAS CLAVES:** WPS, PQR, SMAW, GTAW, FCAW, procedimientos mixtos.

### DESCRIPCIÓN

En este trabajo de grado se evalúa la soldabilidad de juntas soldadas en acero API 5LX GB por los procesos únicos SMAW, GTAW, y mixtos GTAW-FCAW, SMAW-FCAW, GTAW-SMAW con base en los requerimientos y criterios de aceptación del Código de referencia SECCIÓN IX del Código ASME, para ello se realizaron ensayos no destructivos como la inspección visual y ensayos destructivos como el ensayo de tracción, la prueba de doblez guiado, macroataque, metalografía de la junta soldada y ensayo de microdureza.

Luego de caracterizar y analizar mecánica y metalúrgicamente las juntas soldadas, se concluye que los procedimientos mixtos son alternativas de mejora porque aumentan la productividad al tiempo que garantizan mayor calidad de las juntas soldadas. El procedimiento que mejores propiedades de resistencia presentó fue el proceso mixto GTAW-FCAW junto con el proceso único GTAW, sin embargo es importante resaltar que el proceso GTAW-FCAW presentó el menor porcentaje de ductilidad en comparación con los otros procedimientos debido posiblemente al rápido enfriamiento de la junta soldada. De igual forma es importante tener en cuenta las condiciones necesarias para la realización de la soldadura porque son muchos los factores que determinan el grado de sanidad de la junta soldada. Todos los procesos presentaron perfiles de microdureza muy similares, siendo la cara del cordón de soldadura la zona de los valores más altos de microdureza,

En el capítulo 6 además de otras conclusiones se hacen algunas recomendaciones para obtener los mejores resultados de las uniones. La iniciativa de realizar juntas con procesos mixtos bajo procedimientos calificadas es garantizar que el conjunto de partes soldadas propuesto para construcción sea capaz de proveer las propiedades requeridas para su aplicación en servicio.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y ciencia de los materiales.  
Director Dr. Orlando José Gómez. Codirector Ing. Gabriel Orlando Porras Arévalo.

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUATION OF WELDED JOINTS OF STEEL API 5L Grade B MIXED WITH PROCESS SMAW, GTAW and FCAW ASME Section IX\*

**AUTHORS.** CÁCERES Pacheco Carolina,  
GUTIÉRREZ Flórez Yulenny

**KEYWORDS:** WPS, PQR, SMAW, GTAW, FCAW, mixed procedures.

This paper assesses the degree of weldability of steel welded joints in API 5LX GB for the unique processes SMAW, GTAW, FCAW and mixed-GTAW, SMAW, FCAW, GTAW, SMAW based on the requirements and acceptance criteria of the Code of reference Section IX of the ASME Code for this non-destructive tests were performed as visual inspection and destructive testing such as tensile test, the guided bend test, macrohardness testing, metallography of the welded joint and microhardness testing.

After characterizing and analyzing mechanical and metallurgical welds, it is concluded that the mixed procedures are alternatives for improvement by increasing productivity while ensuring high quality of welded joints. The procedure presented better strength properties was mixed process-FCAW GTAW with single GTAW process, however it is important to note that-FCAW GTAW process had the lowest percentage of ductility compared to other procedures, possibly due to rapid cooling of the welded joint. Similarly it is important to consider the necessary conditions for the completion of the weld because there are many factors that determine the degree of healing of the welded joint. All processes showed very similar microhardness profiles, with the highest values of microhardness in the face of the weld zone.

In Chapter 6, beside of the conclusions we can find also recommendations for the best results of the joint initiative with mixed processes performed together under qualified procedures is to ensure that all parts welded construction proposed is able to provide the properties required for application in service.

---

\* Project of grade

\*\* Faculty of Físicoquímicas Engineerings. School of Metallurgical Engineering and science of the materials.  
Director Dr. Orlando José Gómez. Codirector Ing. Gabriel Orlando Porras Arévalo.

## INTRODUCCIÓN

En la industria de la construcción de oleoductos, gasoductos, tuberías para plantas de proceso, poliductos, refinerías, estaciones de bombeo, entre otros, es importante el control sobre las condiciones que pueden provocar fallas en las uniones soldadas de los sistemas instalados. En los procesos de soldadura se pueden generar tensiones inducidas, como grietas, faltas de penetración, faltas de fusión y porosidades, las cuales juegan un papel determinante en el surgimiento de fenómenos de corrosión, concentración de esfuerzos y fragilización por hidrógeno que pueden causar serios accidentes provocando pérdidas humanas, económicas y daños ecológicos.

La necesidad de asegurar la integridad operacional de los equipos y plantas con propiedades mecánicas mejoradas y de mayor productividad en las labores de montaje ha llevado a investigadores y productores de la industria a buscar nuevas alternativas para la soldadura de aceros de alta resistencia mecánica. Dentro de las alternativas que la industria ha venido implementando para realizar montajes que garanticen la integridad estructural están los procedimientos con mas de un proceso de soldadura en la misma junta, que se contemplan como una opción para mejorar las propiedades de las juntas en tuberías ya que se aprovechan los beneficios de dos o más procesos, aumentando a su vez la calidad de la soldadura y la productividad. Una de las dificultades para la implementación de estos procedimientos es el escaso conocimiento sobre las propiedades mecánicas de la unión formada por las regiones de los cordones de soldadura, la zona afectada térmicamente, y el metal base, donde lo que se busca es el menor grado de discontinuidad entre ellas.

El desempeño de las uniones depende en gran parte del nivel de equivalencia entre las propiedades mecánicas del metal base y del metal de aporte; También influye de forma importante la uniformidad y la precisión de la realización de los cordones de soldadura y para ello se establecerán los procedimientos correspondientes, los cuales se calificarán según Código de Referencia, sección IX, Código ASME.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la soldabilidad de juntas de acero API 5L GRADO B soldadas mediante procesos mixtos SMAW, GTAW y FCAW; según especificaciones Código ASME sección IX.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar las especificaciones del Procedimiento de Soldadura (WPS) según Código ASME sección IX.
- Realizar las pruebas para la Calificación del Procedimiento de Soldadura y elaborar el Registro de Calificación del Procedimiento (PQR) según Código ASME sección IX.
- Caracterizar mecánica y metalúrgicamente las probetas obtenidas a partir de las uniones de la tubería soldada por los procesos únicos y mixtos.
- Comparar los procedimientos según los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas.

## **2. CONCEPTOS TEÓRICO**

### **2.1 INTRODUCCIÓN AL CÓDIGO ASME**

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos ASME estableció un Comité en 1911 con el propósito de formular normas estándar para el diseño, construcción e inspección de calderas a vapor y vasijas a presión. Éste comité es llamado ahora Comité para calderas y recipientes a presión (*Boiler and Pressure Vessel Committee*).

La función del comité es establecer normas de seguridad y construcción que sólo se refieran a la integridad de equipos a presión como calderas, reactores, tuberías, tanques de transporte y componentes nucleares.

### **2.2 SECCIÓN IX DEL CÓDIGO ASME**

La sección IX del Código ASME para calderas y recipientes a presión describe los requerimientos necesarios para realizar la calificación de soldadores, operarios de soldadura y operadores de soldadura fuerte, y los procedimientos que se emplean en soldadura industrial de acuerdo al Código para calderas y recipientes a presión ASME. Ésta sección se divide en dos partes: La parte QW, establece los requerimientos para soldadura y la parte QB contiene los requerimientos para soldadura fuerte.

La parte QW se divide en:

- Artículo 1. Requisitos Generales de soldadura.
- Artículo 2. Procedimiento de Calificación de Soldadura.

- Artículo 3. Calificación de desempeño de soldadores u operarios.
- Artículo 4. Datos de Soldadura.
- Artículo 5. Especificaciones Estándar del Procedimiento de Soldadura.

### **2.2.1 Requisitos generales de soldadura (Artículo 1).**

El propósito de la especificación del procedimiento de soldadura (WPS) y el registro de calificación del procedimiento (PQR) es determinar que el conjunto de partes soldadas propuesto para construcción sea capaz de proveer las propiedades requeridas para su aplicación destinada. Se presupone que el soldador o el operario de soldadura que efectúa el procedimiento de soldadura es un trabajador experimentado; La prueba de calificación del procedimiento de soldadura establece las propiedades del conjunto soldado, no la experiencia del soldador o del operario de soldadura. A partir del tipo de unión de la junta, ya sea para platina o tubería, se describen los tipos y propósitos de las pruebas mecánicas que se deben realizar para la calificación de dichos procedimientos de soldadura.

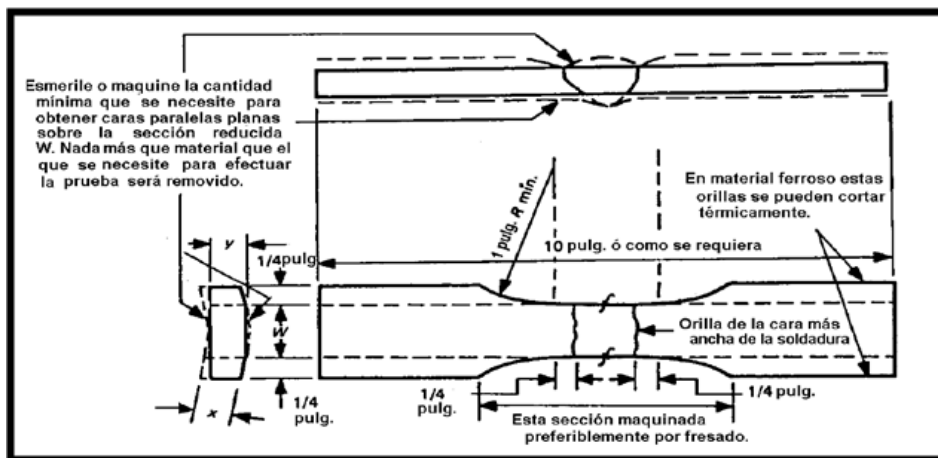
**2.2.1.1 Examen visual.** El examen visual se usa para determinar que las superficies de soldadura finales reúnan las condiciones de calidad especificadas. Para que una prueba de calificación de soldadura cumpla los requisitos de la norma, la soldadura debe estar libre de grietas, penetración inadecuada y quemones. La profundidad del socavado adyacente al cordón final en el exterior de la tubería no debe ser mayor a 0.799 mm (1/32") de profundidad o al 12.5% del espesor de pared de la tubería, cualquiera que sea la más pequeña de las dos y no debe haber más de 2" (50.8 mm) de socavado en cualquier longitud de soldadura continua de 304.8 mm (12").

**2.2.1.2 Prueba de tensión.** Las pruebas de tensión se usan para determinar la resistencia última de las juntas de soldadura en ranura. Antes de iniciar la prueba

se mide el área transversal de la probeta a la aplicación de la fuerza; la resistencia a la tracción se calcula dividiendo la carga máxima de falla entre el área transversal mínima de la probeta medida.

A continuación se ilustra las dimensiones de las probetas establecidas en el Código ASME Sección IX parte QW-462.1 (b) para pruebas de tensión en tubería en todos los espesores de tubo que tienen diámetro exterior (OD) mayor de 3 pulgadas.

**Figura 1. Probeta de Tensión con sección reducida – tubería.**



Fuente: Código ASME BPVC, section IX Welding and Brazing Qualifications.

**2.2.1.2.1 Criterios de Aceptación para la prueba de tensión.** Para pasar la prueba de tensión, el espécimen tendrá una resistencia a la tensión que no sea menor que la mínima resistencia de tensión especificada para el metal base; o la mínima resistencia de tensión especificada del más débil de los dos, si se usan metales base de resistencias de tensión mínima diferentes.

Si el espécimen se rompe en el metal base fuera de la soldadura o de la línea de fusión el ensayo será satisfactorio y se concluye que cumple con los

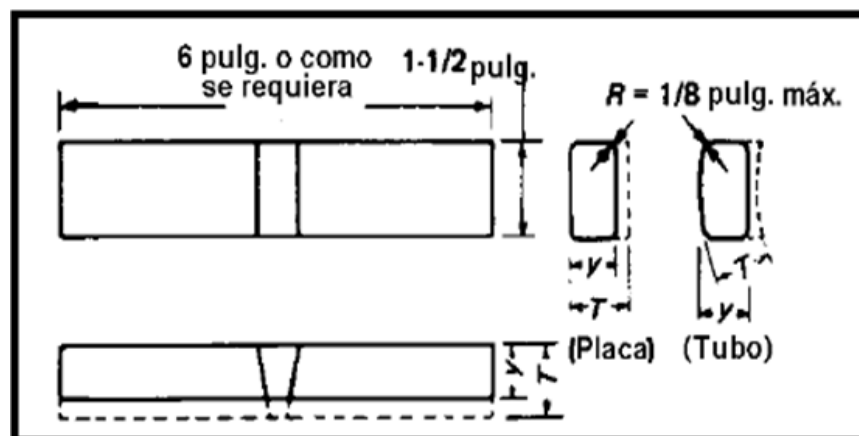
requerimientos, siempre y cuando la resistencia no esté más del 5% debajo de la mínima resistencia de tensión especificada del metal base.

**2.2.1.3 Prueba de doblez guiado.** La prueba de doblez guiado se realiza para determinar el grado de sanidad y ductilidad de las juntas soldadas en ranura. Las probetas de doblez de cara y raíz se doblan en una matriz para doblez guiado. Cada probeta se coloca sobre la matriz con el cordón de soldadura alineada en el centro de la matriz. Para las probetas de doblez de cara, el pase de presentación se dispone boca abajo de tal forma que la zona tensionada sea el cordón de presentación y la compresión se dé en el pase de raíz; para realizar la prueba en las probetas de doblez de raíz, la zona tensionada será el cordón de raíz y la zona comprimida el cordón de presentación.

El mecanizado de las probetas se pueden realizar con cortadora con lubricación u oxicorte y se debe remover la sobre monta de la soldadura en ambas caras nivelándolas con la superficie de la probeta.

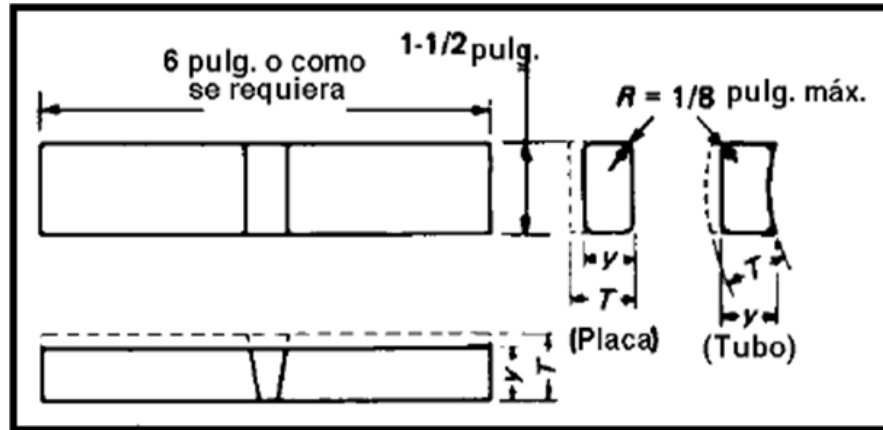
A continuación se ilustra las dimensiones de las probetas para doblez de cara y raíz establecidas en el Código ASME Sección IX parte QW-462.3 (a).

**Figura 2. Probeta para la prueba de doblez de cara.**



Fuente: Código ASME BPVC. Sección IX. Welding and Brazing Qualifications.

**Figura 3. Probeta para la prueba de doblez de raíz.**



Fuente: Código ASME BPVC. Sección IX. Welding and Brazing Qualifications.

**2.2.1.3.1 Criterios de aceptación para la prueba de doblez.** La soldadura y la zona afectada por el calor de un espécimen de doblez transversal de soldadura, estará completamente dentro de la porción doblada del espécimen después de la prueba.

Los especímenes de doblez guiado no tendrán defectos abiertos en la soldadura o en la zona afectada por el calor que excedan de 1/8 pulg, medido en cualquier dirección sobre la superficie convexa del espécimen después de doblado.

Los defectos abiertos que se encuentren en las esquinas del espécimen durante la prueba no se tomarán en cuenta a menos que haya evidencia precisa de que estos resulten por faltas de fusión, inclusiones de escoria u otros defectos internos.

**2.2.1.4 Macroataque.** El macroataque es una prueba que permite revelar tanto la macroestructura como la heterogeneidad microestructural de los metales a pocos aumentos. Las superficies que se van atacar se deberán lijar y pulir sobre papeles metalográficos.

El tiempo de inmersión en el reactivo variará desde unos pocos segundos a varios segundos, hasta que se obtenga una definición clara del metal de soldadura y de la zona afectada por el calor. Después del ataque químico las muestras se deberán enjuagar con agua y luego secar con un soplo de aire caliente. Los especímenes son de aproximadamente 1 pulgada de largo.

**2.2.1.4.1 Criterios de aceptación de Macroataque.** El examen visual de la sección recta del metal de soldadura y de la zona afectada por el calor debe presentar fusión completa, no debe presentar ninguna grieta ni faltas de fusión, en caso que se presenten defectos en la raíz serán aceptables aquellas que no excedan de  $1/32''$ . La soldadura no tendrá una concavidad o convexidad mayor de  $1/16''$ .

## **2.3 METALOGRAFÍA**

Es la ciencia que estudia las características estructurales o constitutivas de un metal o aleación relacionándolas con las propiedades físicas y mecánicas. Entre las características estructurales están el tamaño de grano, forma y distribución de las fases que comprenden el metal o aleación y de las inclusiones no metálicas, así como la presencia de segregaciones y otras irregularidades que pueden modificar el comportamiento general de un metal.

## **2.4 MICRODUREZA**

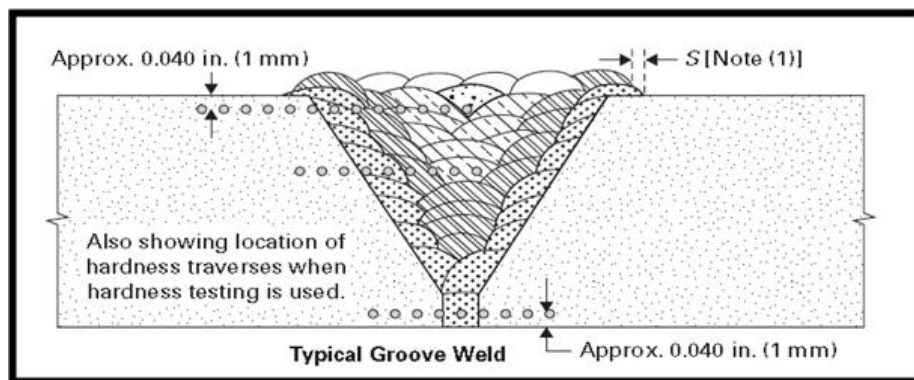
Es un método que se utiliza para medir la resistencia de un material al ser penetrado. La huella producida por este método es tan pequeña que se observa con la ayuda de un microscopio para ser medida y valorada; esta prueba se

realiza con el fin de caracterizar y determinar las propiedades mecánicas por cambios microestructurales generados por la soldadura.

La prueba se debe realizar en una superficie plana pulida con excelente acabado superficial; la calidad del acabado superficial requerido puede variar de acuerdo a las fuerzas y ampliaciones requeridas. Cuanto menor sea la fuerza y cuanto menor sea el tamaño de indentación, es más crítica la preparación superficial.

La preparación de la superficie de las probetas se realiza de acuerdo a la Guía Estándar para la preparación de muestras metalográficas ASTM E3 -11. El ensayo se realiza de acuerdo a lo establecido en ASTM E384-11 (Standard Test Method for Knoop and Vickers Hardness of Materials). En la figura 4 se indica la manera como se deben realizar las indentaciones en el cordón de soldadura para juntas en ranura.

**Figura 4. Puntos de indentación para toma de microdureza**



Fuente: ASME BPVC. Welding and Brazing Qualifications. Section IX. 2010

## 2.5 PROCESOS DE SOLDADURA PARA ACEROS AL CARBONO API 5L GRADO B.

La elección del proceso esta determinado por varios factores y evaluado esencialmente sobre una base de costo y calidad; entre los factores de mayor influencia se encuentra el tipo, espesor y forma del material, preparación de junta, equipo de soldadura disponible, experiencia y calificaciones de soldadores, nivel de calidad requerido según la utilización de la junta, etc.

### 2.5.1 Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)

Es un proceso de soldadura por arco con electrodo manual, utiliza el calor de un arco eléctrico entre la pieza a soldar y un electrodo de metal recubierto. El extremo del electrodo, el baño de metal fundido, el arco y el área adyacente de la pieza a soldar son protegidas de la contaminación atmosférica por una cubierta gaseosa obtenida de la difusión y descomposición del recubrimiento de fundente. El metal fundido en el baño es protegido por una capa de fundente líquido, escoria, obtenido del recubrimiento del electrodo.

#### 2.5.1.1 Metal de aporte

**Cuadro 1. Propiedades de los electrodos del proceso SMAW**

| CLASIFICACIÓN AWS A5.1 | E 6010                   | E 7018                                    |
|------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|
| TIPO DE REVESTIMIENTO  | Celulósico alto en sodio | Bajo hidrógeno, potasio, polvo de hierro. |
| POCISIÓN DE SOLDADURA  | F, V, OH, H-filete       | F, V, OH, H-filete                        |
| TIPO DE CORRIENTE      | DC EP                    | AC o DC EP                                |

Fuente: AWS A5.1 Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Arc Welding.

**Cuadro 2. Propiedades Mecánicas metal de aporte proceso SMAW.**

| <b>AWS A 5.1<br/>CLASIFICACIÓN</b> | <b>Resistencia a la<br/>Tracción (Ksi)</b> | <b>Límite de<br/>elasticidad a<br/>0.2%</b> | <b>Porcentaje de<br/>elongación mínimo<br/>en 2 pulgadas</b> |
|------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>E6010</b>                       | 60                                         | 48                                          | 22                                                           |
| <b>E7018</b>                       | 70                                         | 58                                          | 22                                                           |

Fuente: AWS A 5.1 Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Arc Welding.

**Cuadro 3. Composición química metal de aporte proceso SMAW.**

| <b>Requerimientos de Composición química para el metal de soldadura.</b> |          |           |           |          |          |           |           |           |          |
|--------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| <b>Clasificación AWS</b>                                                 | <b>C</b> | <b>Mn</b> | <b>Si</b> | <b>P</b> | <b>S</b> | <b>Ni</b> | <b>Cr</b> | <b>Mo</b> | <b>V</b> |
| <b>E6010</b>                                                             | 0.20     | 1.20      | 1.00      | N.S.     | N.S.     | 0.30      | 0.20      | 0.30      | 0.08     |
| <b>E7018</b>                                                             | 0.15     | 1.60      | 0.75      | 0.035    | 0.035    | 0.30      | 0.20      | 0.30      | 0.08     |

Fuente: AWS A 5.1 Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Arc Welding

### **2.5.2 Soldadura por arco con varilla tubular (FCAW).**

Utiliza el calor de un arco entre un electrodo continuo de metal de aporte y la pieza a soldar. La protección se obtiene parcial o totalmente de un fundente contenido dentro del electrodo. En este proceso se puede emplear el dióxido de carbono como gas de protección.

La aplicación de soldadura por arco con varilla tubular con protección gaseosa auxiliar se utiliza principalmente para la soldadura de aceros al carbono y de baja aleación y también se puede emplear en la soldadura de aceros inoxidable. El método de auto-protección no tiene una penetración tan profunda como el método de protección auxiliar con gas.

### 2.5.2.1 Metal de aporte

**Cuadro 4. Propiedades mecánicas metal de aporte proceso FCAW**

| <b>AWS A5.2<br/>Clasificación</b> | <b>Resistencia a la<br/>Tracción (Ksi)</b> | <b>Porcentaje de<br/>elongación mínimo en<br/>2 pulgadas</b> |
|-----------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>E 71T-1C</b>                   | 70                                         | 22                                                           |

Fuente: AWS 5.2 Specification for Carbon and Low Alloy Steel Rods for Oxyfuel Gas Welding.

**Cuadro 5. Composición química metal de aporte proceso FCAW**

| Requerimientos de Composición química para el metal de soldadura. |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Clasificación AWS A5.2                                            | C    | Mn   | Si   | P    | S    | Ni   | Cr   | Mo   |
| <b>E71T-1C</b>                                                    | 0.18 | 1.75 | 0.90 | 0.03 | 0.03 | 0.50 | 0.20 | 0.30 |

Fuente: AWS 5.2 Specification for Carbon and Low Alloy Steel Rods for Oxyfuel Gas Welding

### 2.5.3 Soldadura por arco con electrodo de tungsteno con gas (GTAW).

También llamado proceso TIG o tungsteno con gas inerte, utiliza un arco eléctrico entre un electrodo de tungsteno y la pieza a soldar. La protección se obtiene con un gas o mezcla de gases inertes. Se puede adicionar metal de aporte si se requiere. Este proceso sobresale por la excepcional limpieza que se obtiene en los depósitos de soldaduras.

Entre los metales que se pueden soldar por este procedimiento se encuentran los aceros al carbono y aceros aleados, aceros inoxidable, aleaciones de alta resistencia, aleaciones de Al, Ni, Be, Ti, Zr.

### 2.5.3.1 Metal de aporte

**Cuadro 6. Propiedades mecánicas metal de aporte proceso GTAW**

| <b>CLASIFICACIÓN<br/>AWS A 5.18</b> | <b>Resistencia a<br/>la Tracción<br/>(Ksi)</b> | <b>Límite de<br/>fluencia (Ksi)</b> | <b>% Elongación<br/>mínimo en 2<br/>pulgadas</b> | <b>Gas Protector</b> |
|-------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------|
| <b>ER70S - 6</b>                    | 72-86                                          | 60-74.                              | 22.                                              | Ar / CO2             |

Fuente: AWS A5.18 Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding.

**Cuadro 7. Composición química metal de aporte proceso GTAW**

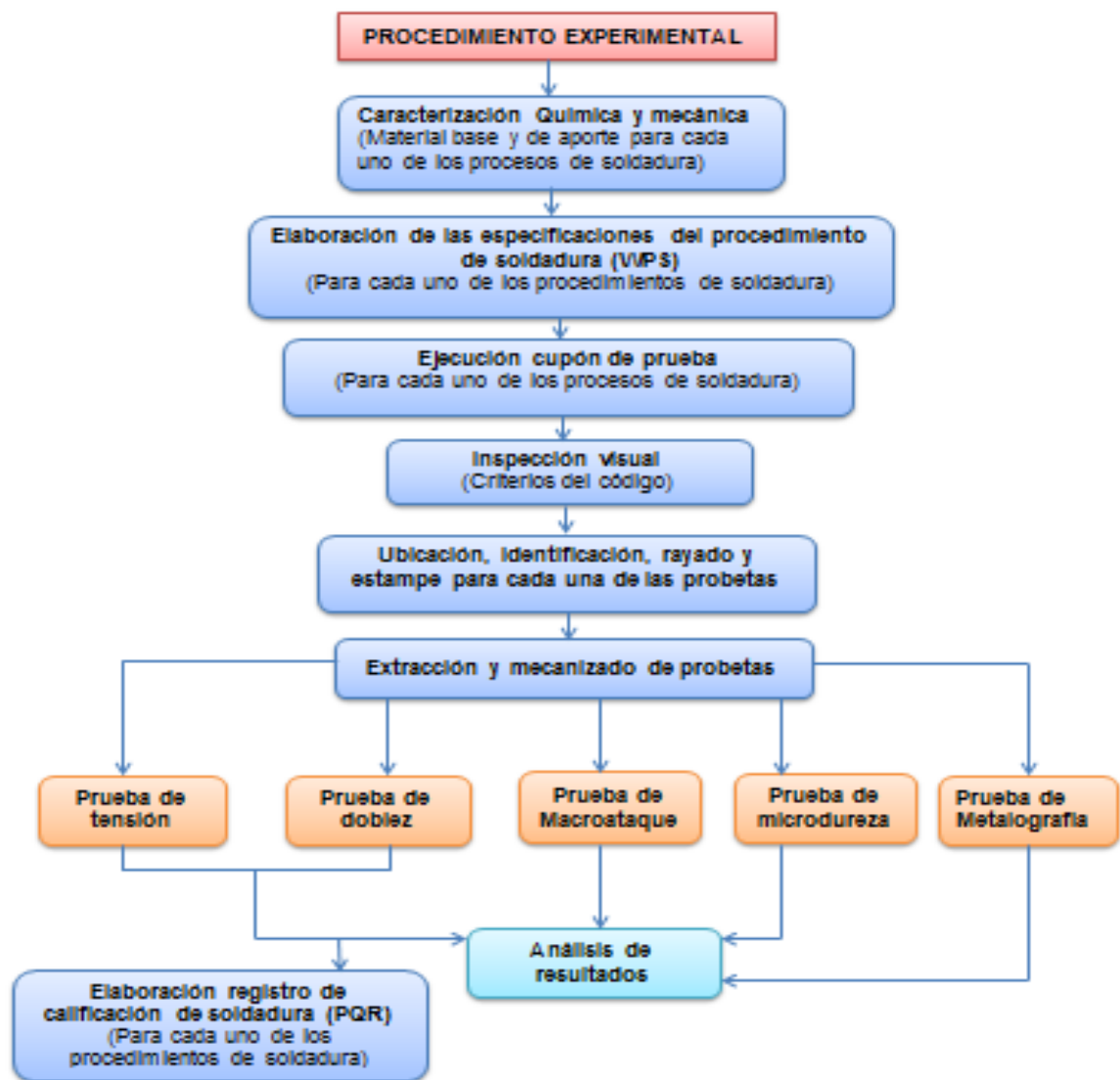
| <b>Requerimientos de Composición química para el metal de soldadura.</b> |           |           |           |          |          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
| <b>Clasificación<br/>AWS A5.18</b>                                       | <b>C</b>  | <b>Mn</b> | <b>Si</b> | <b>P</b> | <b>S</b> | <b>Cu</b> |
| <b>ER70S-6</b>                                                           | 0.06-0.15 | 1.40-1.85 | 0.80-1.15 | 0.025    | 0.035    | 0.50      |

Fuente: AWS A 5.18 Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding.

### 3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

El procedimiento experimental se desarrolló en base al esquema indicado en la Figura 5.

Figura 5. Procedimiento experimental



Fuente. Autores del proyecto

## **3.1 PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LA SOLDADURA**

### **3.1.1 Especificación del procedimiento de soldadura.**

Para la realización de la soldadura en cada uno de los cupones de tubería se hizo necesario especificar el procedimiento de soldadura (WPS) para los procesos mixtos y únicos. El propósito de la Especificación del Procedimiento de Soldar (WPS) es garantizar que las partes a soldar cumplan con las propiedades requeridas para su aplicación. El WPS es un procedimiento de soldadura calificado preparado para orientar al soldador u operario de soldadura en la realización de soldaduras de producción sometidas a altas presiones y temperaturas.

El WPS determinará todas las variables esenciales, no esenciales, y cuando se requiera, las variables esenciales suplementarias para cada uno de los procedimientos de soldadura. El significado de las variables mencionadas anteriormente se detalla en el glosario.

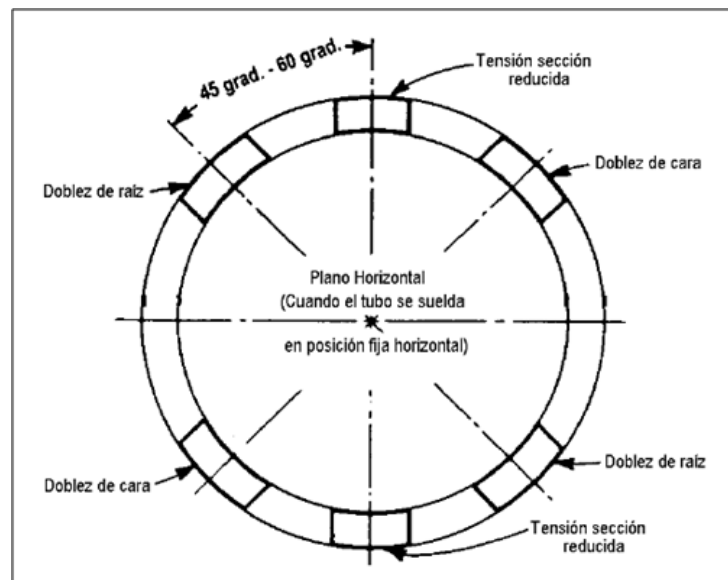
La preparación de los biseles de cada cupón de prueba se realizó teniendo en cuenta el espesor del metal base y las propiedades de penetración de los electrodos a utilizar para cada proceso, de tal forma que se garantizó las propiedades mecánicas que se requieren para el servicio de la junta. El tipo y diseño de las dimensiones de las juntas de prueba para soldadura en ranura no son variables esenciales y se detallan para cada uno de los procedimientos evaluados con el WPS correspondiente.

## 3.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS PROCEDIMIENTOS

### 3.2.1 Registro de calificación de procedimiento.

Registro de los parámetros, pruebas y variables utilizadas en la calificación del procedimiento. Para la elaboración del PQR se extrajeron las probetas de prueba para los ensayos de tensión y dobléz guiado de los cupones de tubería de acuerdo con la parte QW-463 del código ASME, sección IX. Éstas fueron cortadas con arco plasma de acuerdo a la Figura 6 y mecanizadas de acuerdo a las dimensiones establecidas en la Figura 1 y 2 (ASME sección IX)

**Figura 6. Orden de Remoción de Probetas de Tensión y dobléz guiado**



Fuente: ASME BPVC. Welding and Brazing Qualifications. Section IX. 2010.

## 3.3 CARACTERIZACIÓN METAL BASE

El material estudiado corresponde a uniones soldadas de una tubería de acero API 5L grado B de 168,3 mm de diámetro externo y 7,11 mm de espesor (cédula

40). La composición química del acero estudiado está expuesta en la tabla 7, según QW/QB-422 de la Sección IX del Código ASME y a las especificaciones API, esta tubería no posee costura.

Las soldaduras se realizaron en tubería sin costura laminada en frío. Se realizó la comparación entre la composición química y propiedades mecánicas de la tubería estipuladas en el certificado de calidad de la misma respecto a las especificaciones API 5L y a las especificaciones para tubería de acero al carbono sin costura para servicio a altas temperaturas ASTM / SA 106.

**Cuadro 8. Comparación composición química del metal base**

| % Elemento                  | Requerimiento de Composición Química de el metal base según API Especificación 5L |            |           |           |            |            |            |            |            |           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
|                             | %C<br>máx                                                                         | %Mn<br>máx | %P<br>máx | %S<br>máx | %Si<br>mín | %Cr<br>máx | %Cu<br>máx | %Mo<br>máx | %Ni<br>máx | %V<br>máx |
| <b>API 5L GB</b>            | 0.30                                                                              | 0.29-1.06  | 0.035     | 0.035     | 0.1        | 0.4        | 0.4        | 0.15       | 0.40       | 0.08      |
| <b>METAL BASE API 5L GB</b> | 0.22                                                                              | 0.53       | 0.016     | 0.005     | 0.24       | 0.07       | 0.05       | 0.005      | 0.06       | 0.004     |

Fuente: API Especificación 5L

**Cuadro 9. Comparación propiedades mecánicas metal base**

|                                        | Propiedades Mecánicas metal base según API Especificación 5L y ASTM A 106 |                          |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                                        | Resistencia a la Tracción mín, Mpa                                        | Límite Elástico mín, Mpa |
| <b>API 5L GB</b>                       | 415                                                                       | 240                      |
| <b>Metal base según Certificado de</b> | 490 / 485                                                                 | 245                      |

Fuente: API Especificación 5L

### **3.4 REALIZACIÓN DE LAS SOLDADURAS**

La soldadura de las uniones se realizó en el taller. Los equipos utilizados para realizar los procedimientos SMAW Y GTAW fue el equipo MILLER CST™ 280

Y para realizar el procedimiento FCAW el equipo ESAB MEF 44R. Los cordones aplicados en las juntas de cada procedimiento se indican en el WPS y en las imágenes de macroataque correspondiente. La geometría del bisel se definió basándose en la composición y propiedades del metal de aporte y en el espesor del metal base, todos los procedimientos de soldadura se realizaron en la posición 6G. Todos los procedimientos se realizaron en juntas a tope; para los procesos de soldadura SMAW y SMAW-FCAW el diseño de la junta fue en “V” sencilla con talón de 1/8”, apertura de raíz de 3/32” y ángulo de bisel de 35°; los procesos de soldadura GTAW, GTAW-FCAW Y GTAW-SMAW el diseño de la junta utilizado fue “V” sencilla sin talón con ángulo de bisel de 35°. Estas y las demás variables esenciales y no esenciales para cada procedimiento de soldadura estudiado se muestra en el WPS correspondiente. Ver anexos (B, D, F, H, J).

### **3.5 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA**

#### **3.5.1 Metalografía.**

La preparación metalográfica de las probetas se realizaron de acuerdo a la Guía Estándar para la preparación de muestras metalográficas (Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens) ASTM E3 -11. El ataque químico de las probetas para el análisis metalográfico se realiza de acuerdo a la Práctica Estándar de microataque para metales y aleaciones (Standard Practice for Microetching Metals and Alloys) ASTM E407 – 07. Las probetas se atacan de acuerdo al reactivo de ataque químico establecido en la norma ASTM E 407, a

temperatura ambiente. 5% de ácido nítrico concentrado en alcohol etílico (5 cm<sup>3</sup> de NO<sub>3</sub>H en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95%). cuyo tiempo de inmersión va desde pocos segundos a un minuto.

### **3.5.2 Microdureza.**

Este ensayo se realizó conforme a lo establecido en el Método de Prueba Estándar para toma de dureza y microdureza de materiales, ASTM E-384. Se determinaron valores de microdureza Vickers (HV) con una carga de 1000 g-f mantenida durante 10 s, realizando una impronta cada 1.0 mm. Los puntos de microdureza tomados se ilustran en la figura 4.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

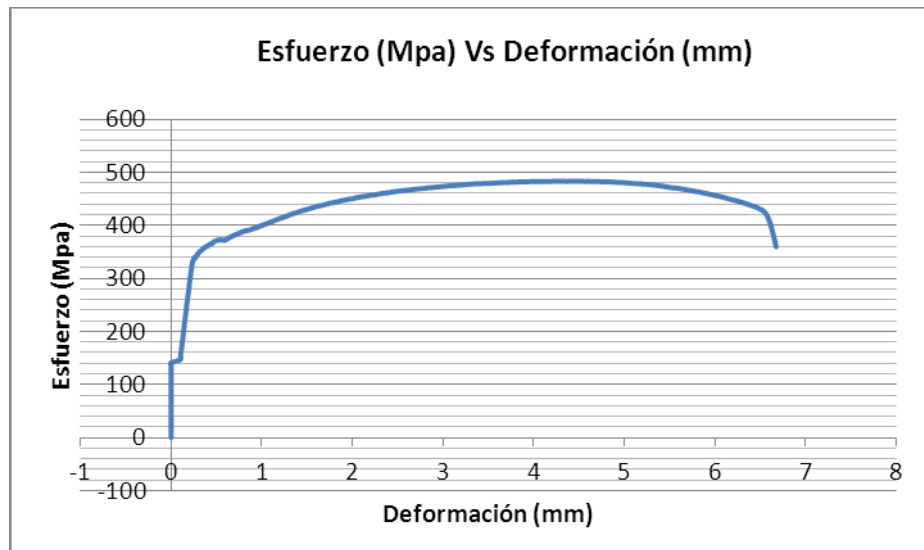
### 4.1 PRUEBA DE TENSIÓN

#### 4.1.1 Resultados prueba de tensión.

A continuación se presentan las gráficas Esfuerzo (Mpa) vs Deformación (mm) para cada una de las probetas de tensión.

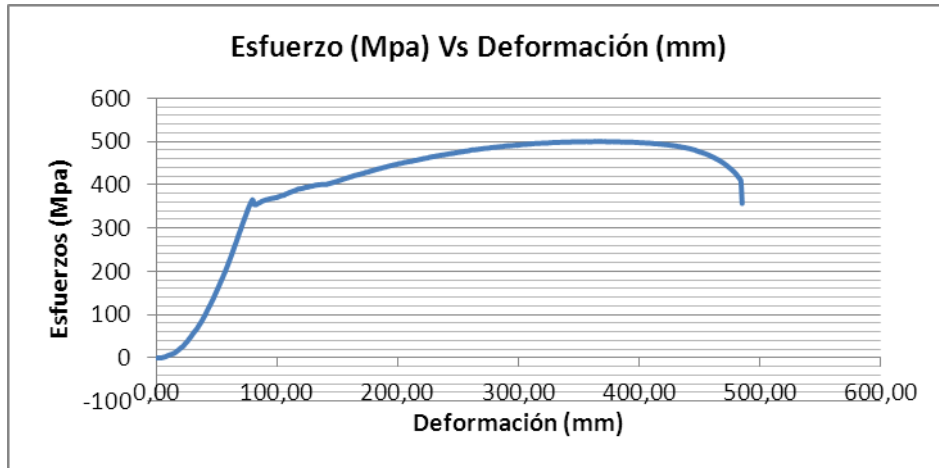
##### 4.1.1.1 Proceso GTAW

Figura 7. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW (a)



Fuente: Autores del proyecto

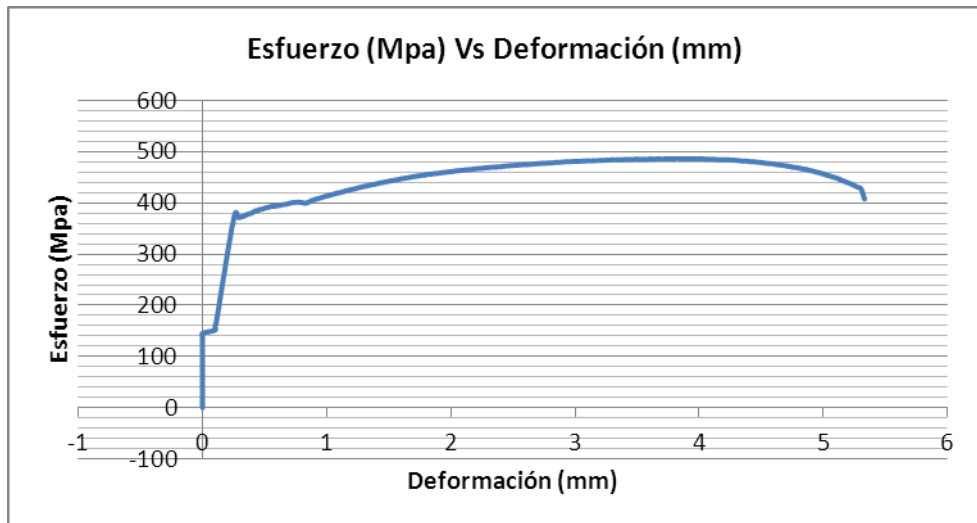
**Figura 8. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW(b)**



Fuente: Autores del proyecto

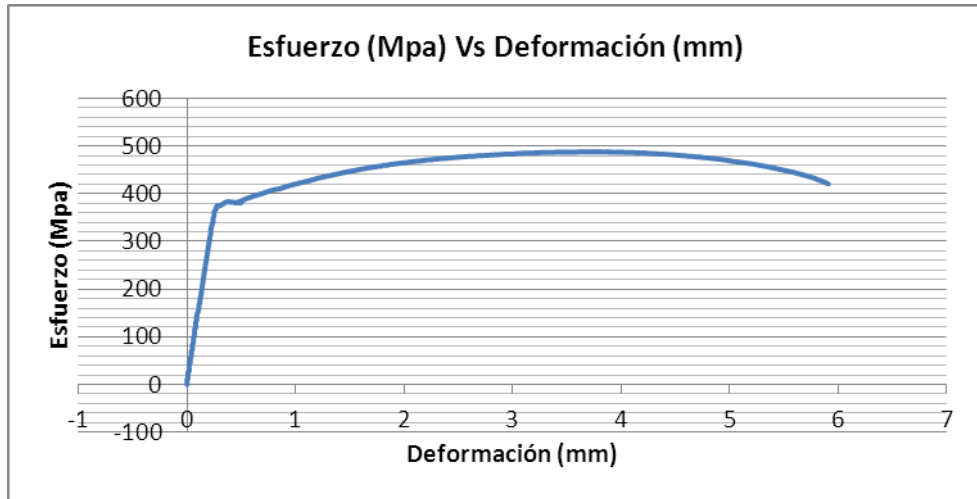
#### 4.1.1.2 Proceso GTAW-FCAW

**Figura 9. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW-FCAW(a)**



Fuente: Autores del proyecto

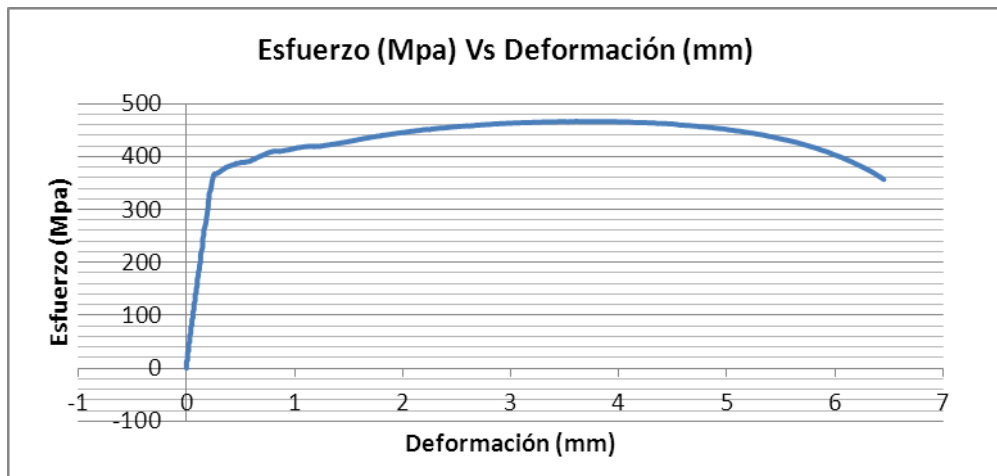
**Figura 10. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW-FCAW(b)**



Fuente: Autores del proyecto

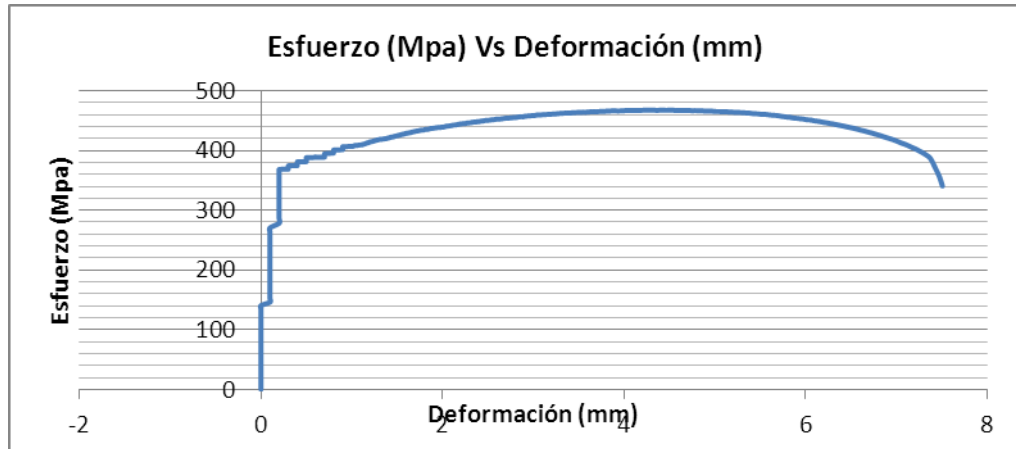
#### 4.1.1.3 Proceso GTAW-SMAW

**Figura 11. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW-SMAW(a)**



Fuente: Autores del proyecto

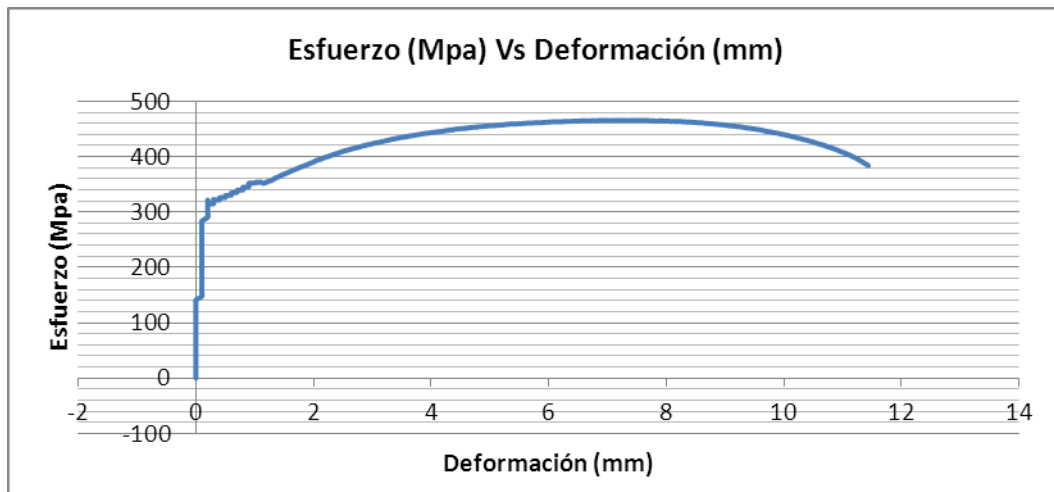
**Figura 12. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso GTAW-SMAW(b)**



Fuente: Autores del proyecto

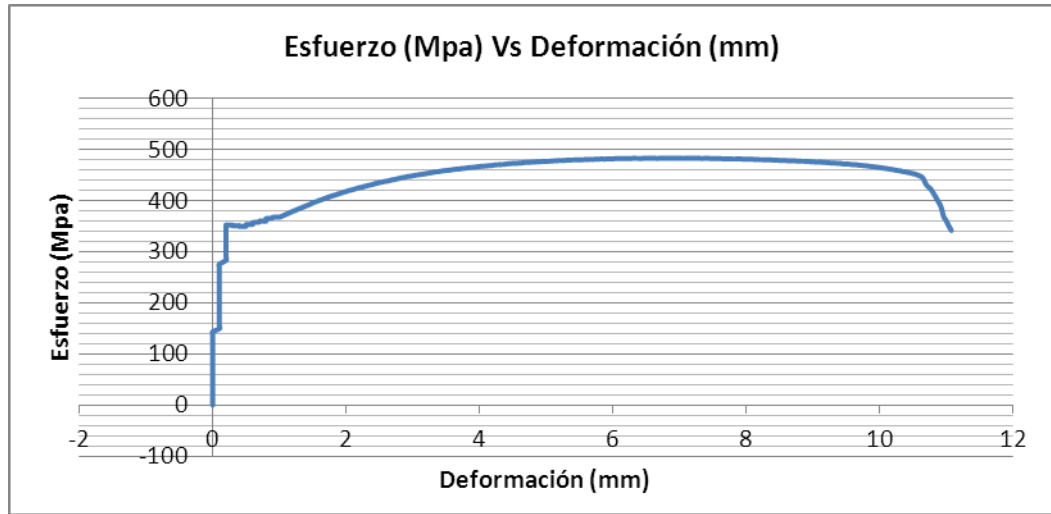
#### 4.1.1.4 Proceso SMAW

**Figura 13. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso SMAW(a)**



Fuente: Autores del proyecto

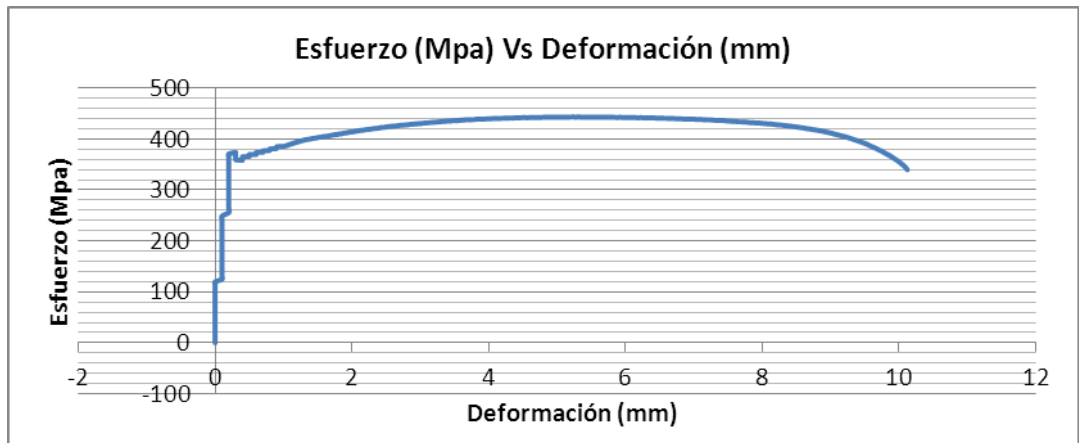
**Figura 14. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso SMAW (b)**



Fuente: Autores del proyecto

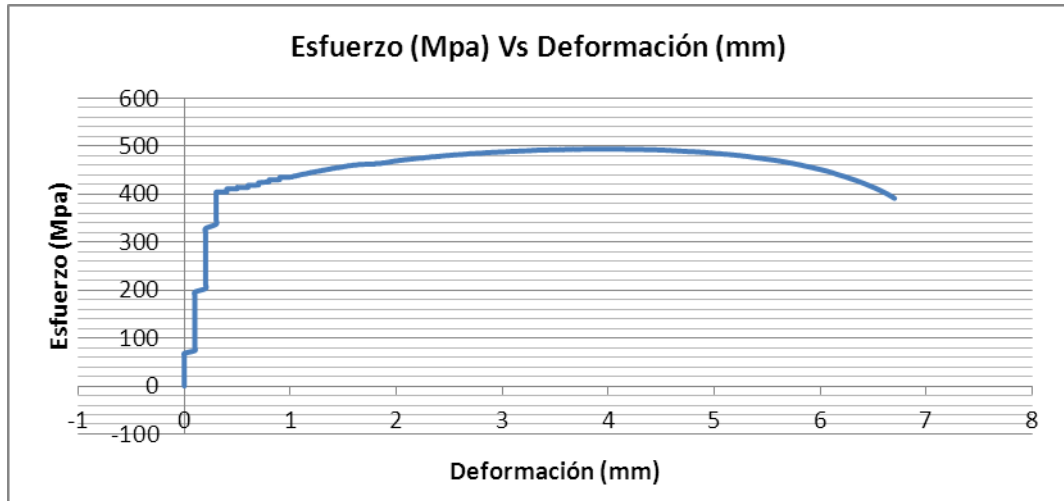
#### 4.1.1.5 Proceso SMAW-FCAW

**Figura 15. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso SMAW-FCAW (a)**



Fuente: Autores del proyecto

**Figura 16. Diagrama deformación Vs Esfuerzo-Proceso SMAW-FCAW (b)**



Fuente: Autores del proyecto

#### 4.1.2 Propiedades mecánicas de las juntas soldadas.

**Cuadro 10 Resultados resistencia a la tensión y límite elástico de juntas soldadas**

|                                | COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS JUNTAS SOLDADAS |        |        |           |           |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|
|                                | MATERIAL BASE                                                   | SMAW   | GTAW   | SMAW-FCAW | GTAW-SMAW | GTAW-FCAW |
| Resistencia a la Tensión [Mpa] | 415                                                             | 465.47 | 500    | 443.36    | 466.48    | 486.4     |
|                                |                                                                 | 482.76 | 483.25 | 494.16    | 467.57    | 488.16    |
| Límite Elástico [Mpa]          | 240                                                             | 310.26 | 362.1  | 364.94    | 359.46    | 373.76    |
|                                |                                                                 | 343.3  | 364.87 | 397.02    | 359.37    | 375.3     |

Fuente: Autores del proyecto

**Cuadro 11. Resultado porcentaje de elongación de las prueba de tensión**

|              | Lo    | Lf    | % Elongación |       |
|--------------|-------|-------|--------------|-------|
| SMAW T1      | 40,15 | 45,5  | 13,33        | 19,91 |
| SMAW T2      | 35,55 | 44,97 | 26,50        |       |
| GTAW T1      | 34,11 | 43,12 | 26,41        | 21,55 |
| GTAW T2      | 36,91 | 43,07 | 16,69        |       |
| GTAW-SMAW T1 | 26,52 | 32,91 | 24,10        | 19,59 |
| GTAW-SMAW T2 | 46,05 | 53    | 15,09        |       |
| SMAW-FCAW T1 | 33,6  | 44,4  | 32,14        | 26,53 |
| SMAW-FCAW T2 | 31,89 | 38,56 | 20,92        |       |
| GTAW-FCAW T1 | 28,8  | 33,16 | 15,14        | 16,75 |
| GTAW-FCAW T2 | 31,75 | 37,58 | 18,36        |       |

Fuente: Autores del proyecto

**Cuadro 12. Resultado porcentaje de reducción de área probetas de tensión**

|              | Espesor i (mm) | Ancho i (mm) | Ao (mm <sup>2</sup> ) | Espesor (mm) | Ancho f (mm) | Af (mm <sup>2</sup> ) | % Reducción de Área |       |
|--------------|----------------|--------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------------|-------|
| SMAW T1      | 3,9            | 19,45        | 75,86                 | 2,74         | 14,48        | 39,68                 | 47,696              | 46,97 |
| SMAW T2      | 4,55           | 19,09        | 86,86                 | 3,17         | 14,73        | 46,69                 | 46,242              |       |
| GTAW T1      | 3,62           | 19,53        | 70,70                 | 2,36         | 15,57        | 36,75                 | 48,026              | 42,36 |
| GTAW T2      | 4,45           | 17,76        | 79,03                 | 3,39         | 14,76        | 50,04                 | 36,688              |       |
| GTAW-SMAW T1 | 4,05           | 19,45        | 78,77                 | 2,47         | 15,06        | 37,20                 | 52,778              | 52,07 |
| GTAW-SMAW T2 | 3,84           | 19,3         | 74,11                 | 2,40         | 15,02        | 36,05                 | 51,360              |       |
| SMAW-FCAW T1 | 4,6            | 19,65        | 90,39                 | 2,76         | 14,48        | 39,96                 | 55,786              | 53,11 |
| SMAW-FCAW T2 | 4,46           | 20,31        | 90,58                 | 2,79         | 16,09        | 44,89                 | 50,442              |       |
| GTAW-FCAW T1 | 3,04           | 19,32        | 58,73                 | 2,29         | 16,88        | 38,66                 | 34,185              | 38,65 |
| GTAW-FCAW T2 | 4,02           | 19,79        | 79,56                 | 2,72         | 16,64        | 45,26                 | 43,108              |       |

Fuente: Autores del proyecto

#### 4.1.3. Análisis prueba de tensión.

Analizando los resultados de porcentaje de elongación mostrados en el cuadro 11 y teniendo en cuenta que el material base es un acero estructural de baja

aleación y alta resistencia se determina que todas las probetas sometidas a tensión alcanzaron la deformación necesaria, la cual garantiza buena ductilidad de las juntas soldadas, para ello se determinó el porcentaje de elongación y el porcentaje de reducción de área para cada una de las juntas soldadas. Estos resultados se muestran en los cuadros 11 y 12.

La probeta que mayor porcentaje de elongación y mayor porcentaje de reducción de área alcanzó fue la probeta soldada por el proceso de soldadura GTAW y GTAW-SMAW, en contraparte la probeta con menor ductilidad fue la junta soldada mediante el proceso GTAW-FCAW.

Dentro de los criterios de aceptación de la prueba de tensión que aplican para la evaluación de la resistencia mecánica de las juntas soldadas en el presente proyecto está, que la probeta deberá tener una resistencia a la tensión que no sea menor a la mínima resistencia de tensión del metal base y si el cupón de prueba rompe en el metal base será aceptada, siempre y cuando la resistencia no esté más del 5% debajo de la resistencia mínima especificada del metal base. De acuerdo a todo lo anterior y observando la tabla 10 se determina que, todas las juntas soldadas cumplen con los requerimientos de resistencia mecánica, ya que la resistencia a la tensión de todas las juntas soldadas superan la resistencia a la tensión del metal base. El procedimiento que mejores propiedades mecánicas proporcionó a la junta soldada fue el proceso GTAW; seguido por las juntas soldadas con el proceso mixto GTAW-FCAW.

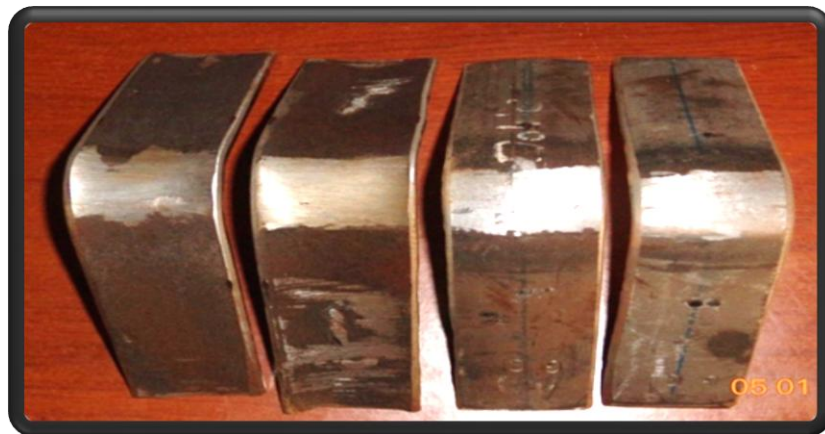
Todas las probetas exhibieron deformación dúctil, sin embargo analizando las gráficas esfuerzo vs deformación se observó que las probetas realizadas por el proceso SMAW-FCAW resistieron mayor tensión antes de sufrir deformaciones permanentes, es decir, las probetas realizadas por este procedimiento presentaron el mayor límite elástico en comparación con las demás.

Generalizando, se analizó que las probetas realizadas por procedimientos de soldadura mixtos presentan mayor resistencia a la aplicación del esfuerzo antes de comenzar la deformación plástica. Los procedimientos únicos presentaron menor límite elástico en comparación con los procedimientos mixtos.

## 4.2 PRUEBA DE DOBLEZ

### 4.2.1 Resultados prueba de doblez

**Figura 17. Dobleza de raíz y de cara de las probetas soldadas con el proceso GTAW**



Fuente: Autores del proyecto

**Figura 18. Doble de raíz y de cara de las probetas soldadas con el proceso GTAW-FCAW**



Fuente: Autores del proyecto

**Figura 19. Doble de raíz y de cara de las probetas soldadas con el proceso SMAW-GTAW**



Fuente: Autores del proyecto

**Figura 20. Doblez de raíz y de cara de las probetas soldadas con el proceso SMAW**



Fuente: Autores del proyecto

**Figura 21. Doblez de raíz y de cara de las probetas soldadas con el proceso SMAW-FCAW**



Fuente: Autores del proyecto

#### **4.2.2 Análisis resultados prueba de doblez.**

De acuerdo a los criterios de aceptación establecidos en QW-163 para la prueba de doblez los resultados de doblez y raíz son aceptables ya que en las superficies tensionadas no presentaron defectos abiertos en la soldadura mayores de 1/8", por lo anterior las pruebas de doblez tanto de raíz como de cara son satisfactorias.

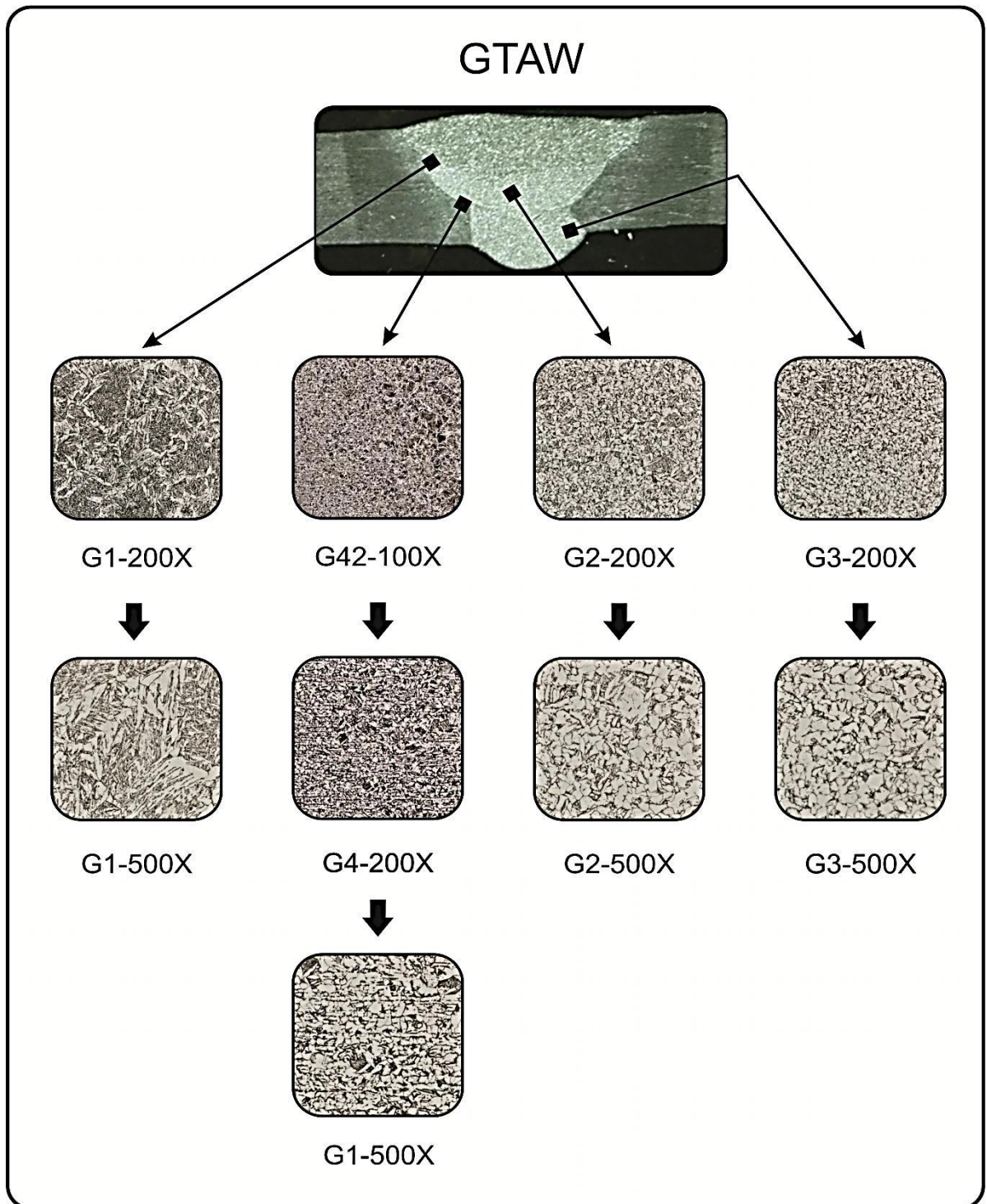
El resultado satisfactorio de las probetas de doblez de cara comprueba la calidad de fusión y la ausencia de defectos, como porosidades, inclusiones, falta de fusión entre otros. De igual forma el resultado satisfactorio de las probetas de doblez de raíz demuestra calidad en la penetración de las juntas soldadas. Además de representar calidad en las juntas soldadas, es importante resaltar la gran habilidad del soldador

#### **4.3 MACROATAQUE Y METALOGRAFIA**

##### **4.3.1 Resultados pruebas macroataque y metalografía.**

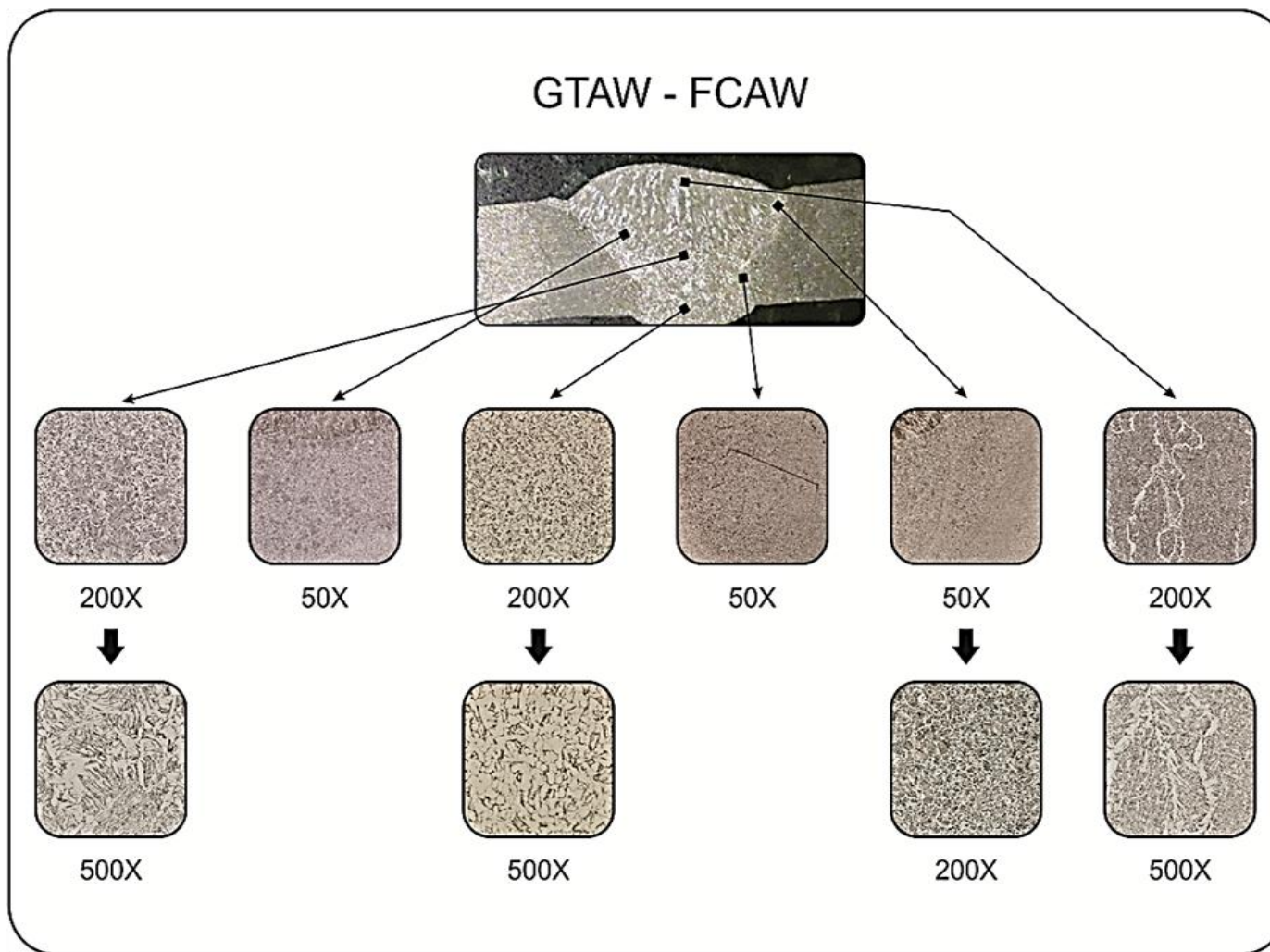
A continuación se ilustran los resultados de macroataque en los cuales se indican las zonas donde fueron tomadas las metalografías para cada junta soldada.

Figura 22. Resultados macroataque y metalografía proceso GTAW



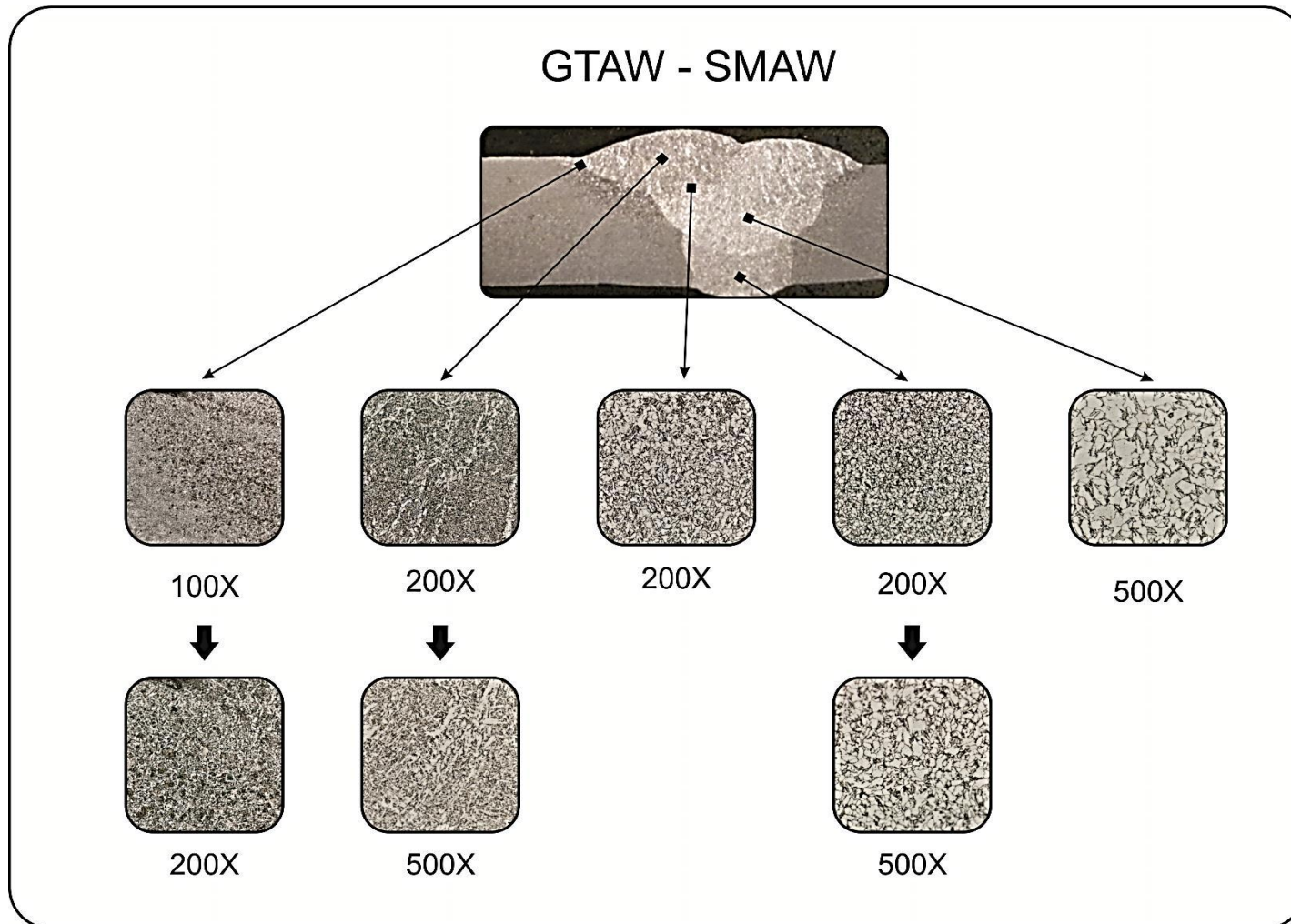
Fuente: Autores del proyecto

Figura 23. Resultados macroataque y metalografía proceso GTAW-FCAW



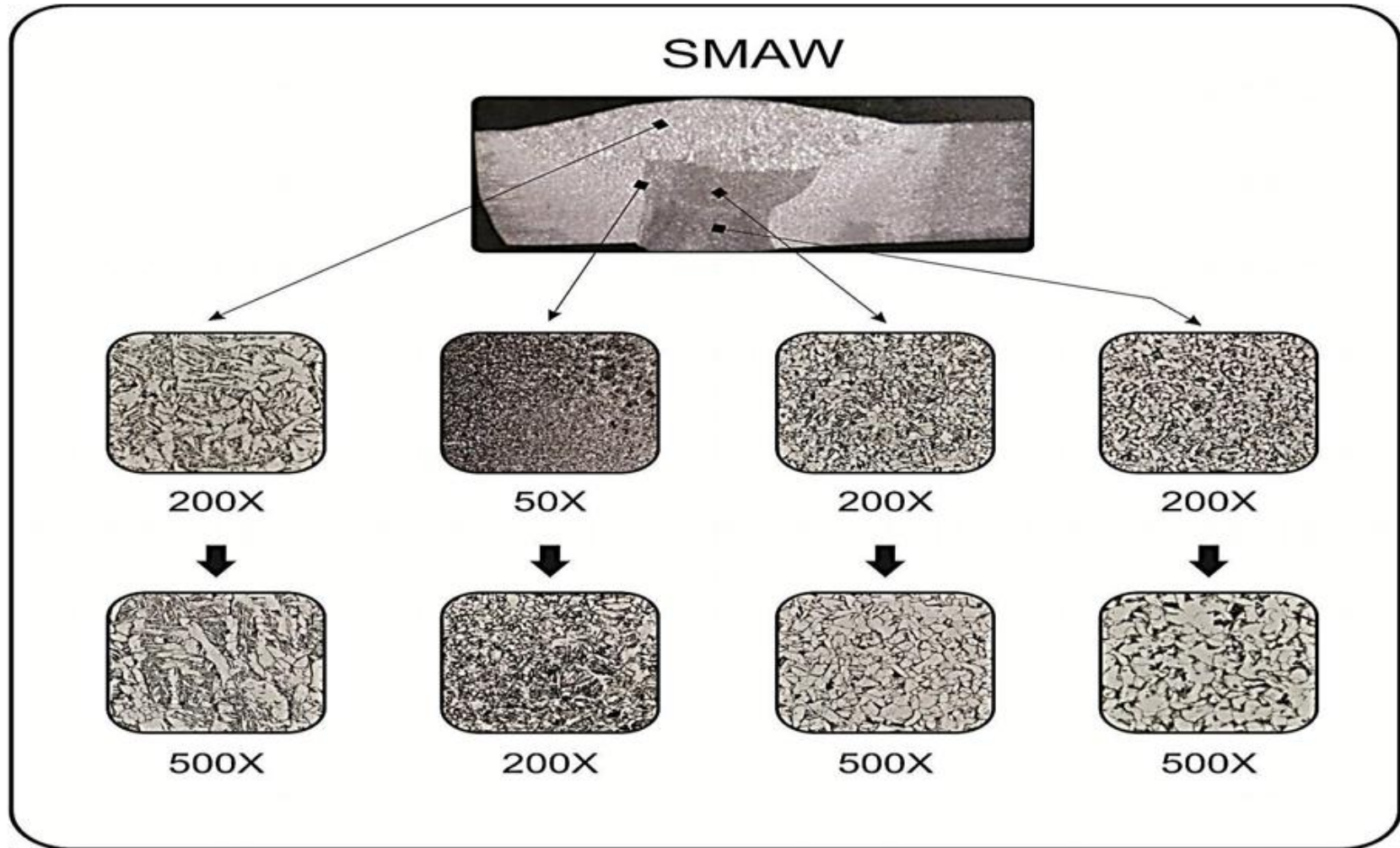
Fuente: Autores del proyecto

Figura 24. Resultados macroataque y metalografía proceso GTAW-SMAW



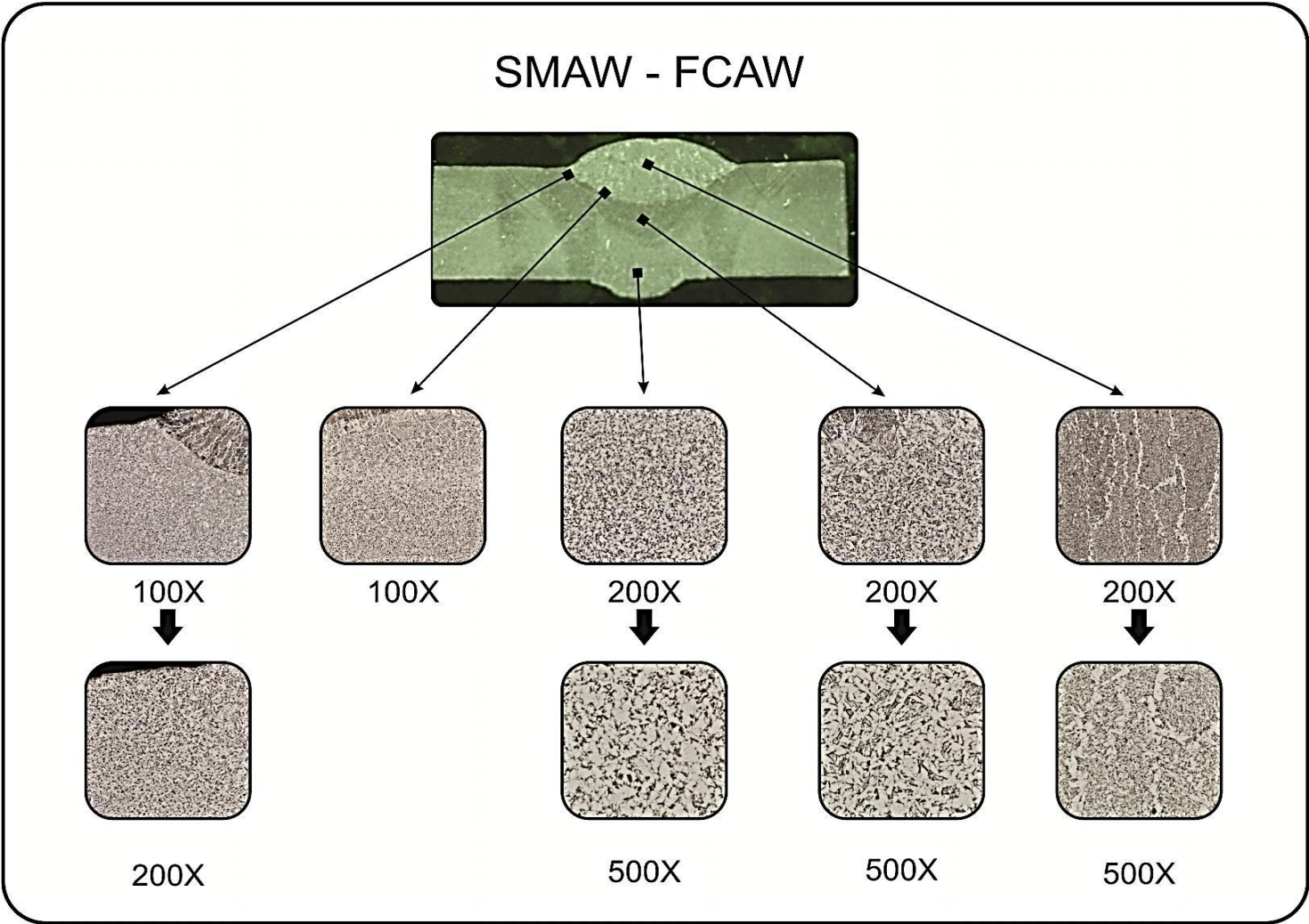
Fuente: autores del proyecto

Figura 25. Resultados macroataque y metalografía proceso SMAW



Fuente: autores del proyecto

Figura 26. Resultados macroataque y metalografía proceso SMAW-FCAW



Fuente: autores del proyecto

### **4.3.2 Análisis de macroataque.**

Las fotografías de macroataque obtenidas permitieron observar fusión completa y ausencia de grietas, de igual forma permite identificar las zonas afectadas térmicamente y de esta forma reconocer que el proceso de soldadura GTAW posee la zona afectada térmicamente más grande, debido al considerable amperaje con el que se trabaja y la baja velocidad de avance. Teniendo presente el alto amperaje al que se debe operar para el procedimiento FCAW se esperaba que éste presentara la mayor zona afectada por el calor, sin embargo teniendo en cuenta la velocidad de avance por la gran fluidez del metal de aporte, esto no se presentó.

### **4.3.3 análisis metalográfico.**

Analizando la metalografía de la zona de fusión del proceso SMAW se observaron granos columnares de ferrita con perlita laminar de por medio. Se puede apreciar en la ZAT cercana al cordón de soldadura, una región de crecimiento de grano de la austenita formada durante el calentamiento; la cual durante el enfriamiento se transforma en ferrita primaria con borde de grano de placas de ferrita Widmanstaetten y perlita en el espacio entre las placas. A medida que se aleja del cordón de soldadura, se aprecian cambios en la morfología de la microestructura por que los granos de ferrita se observan poligonales y el tamaño de grano se refina llegando a ser menor que el del metal base

En el análisis de la microestructura del proceso GTAW se muestra una estructura de forma de ferrita acicular en la cara del cordón, formada a partir de un enfriamiento rápido, aumentando la dureza del material. En la zona media del segundo pase de soldadura se observa ferrita acicular en menor proporción más ferrita poligonal, este cambio se debe al calor generado por el pase siguiente.

Respecto al análisis en la ZAT se observa ferrita Widmanstaetten primaria formadas a partir del enfriamiento de los granos austeníticos.

En el análisis de la microestructura para el procedimiento GTAW-SMAW en el cordón de cara, se presenta una estructura de ferrita acicular con regiones de ferrita Widmanstaetten alineadas. Analizando el pase de raíz aplicado con el proceso de soldadura GTAW se observa que los granos presentan morfología equiaxial debido a la recristalización ocasionada por el aporte de calor de los pases siguientes.

SMAW-FCAW. Analizando las fotografías de macroataque tomada al cordón de raíz el cual fue soldado mediante el proceso SMAW se encuentra que los granos de ferrita son muy finos con forma equiaxial por el gran aporte de energía de los pases siguientes por lo que se produjo un recocido de los mismos.

Para el proceso GTAW-FCAW en el cordón de cara se aprecia largas regiones de ferrita Widmanstaetten rodeadas de perlita laminar fina, producidas probablemente por un rápido enfriamiento lo que proporcionará un aumento de la dureza en esta zona de la soldadura.

#### **4.4 PRUEBA DE MICRODUREZA**

##### **4.4.1 Resultados de microdureza.**

A continuación se ilustran los resultados de microdureza tomados desde el centro del cordón de soldadura hacia la zona afectada por el calor como se ilustra en la figura 4. Cada proceso de soldadura se nombro como se muestra a continuación:

SF: SMAW-FCAW

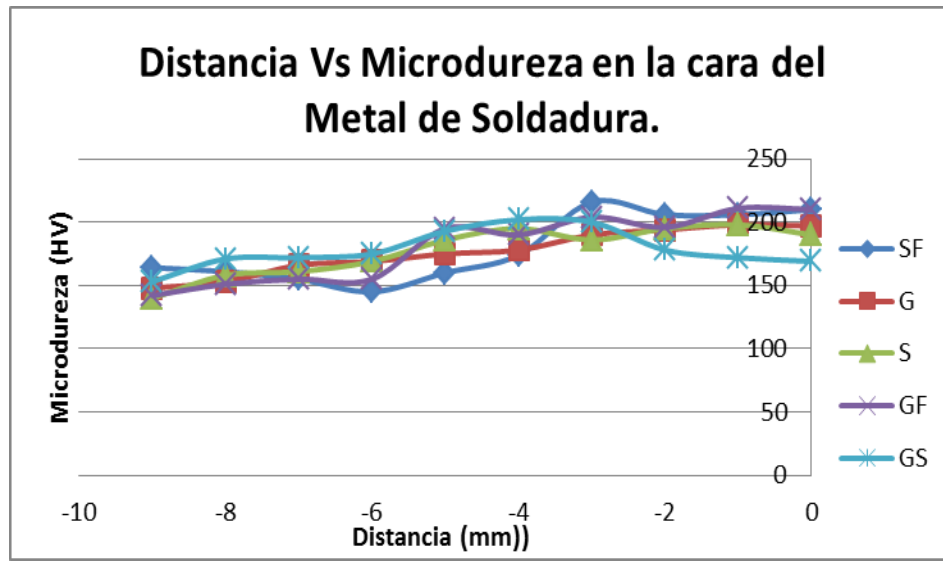
G: GTAW

S: SMAW

GF: GTAW-FCAW

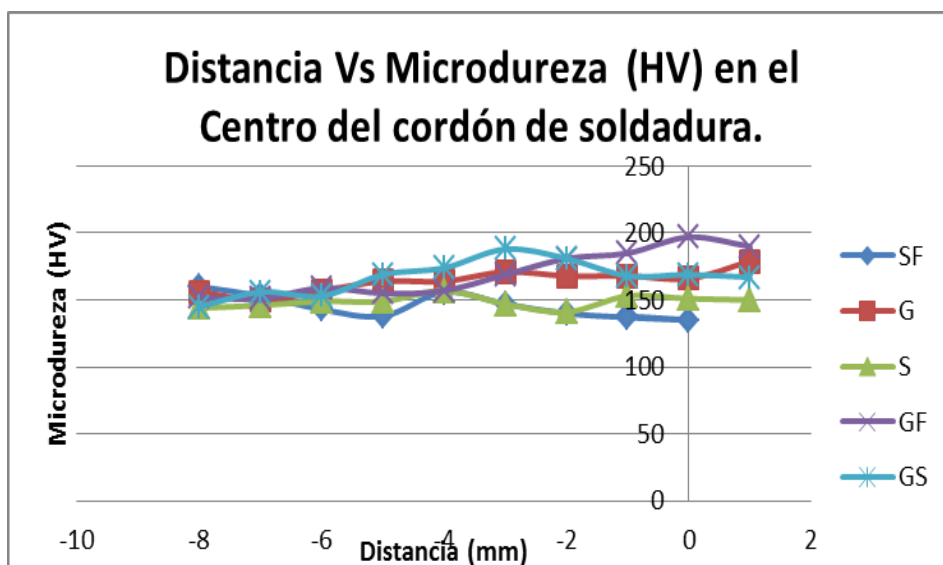
GS: GTAW-SMAW

Figura 27. Resultados microdureza zona superior de la junta



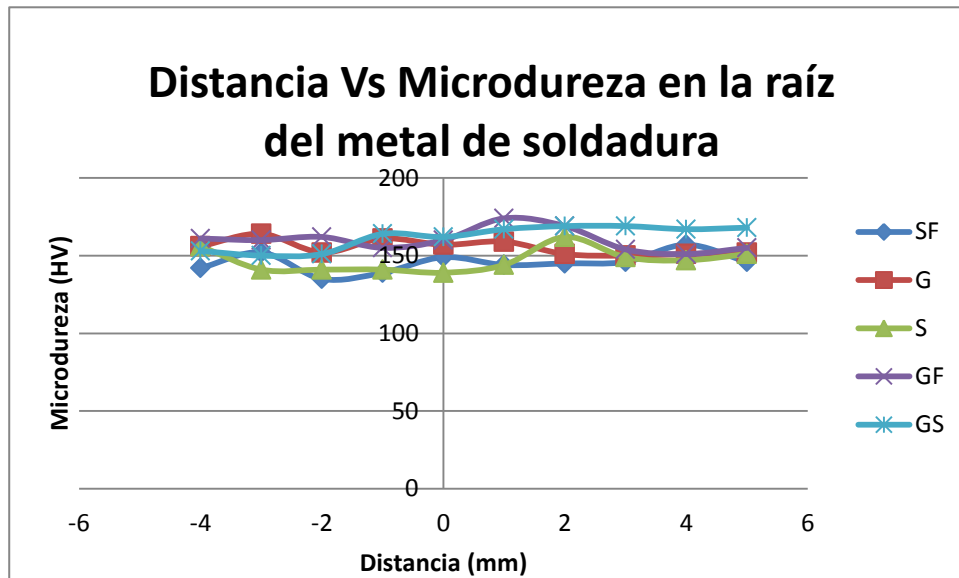
Fuente: Autores del proyecto

Figura 28. Resultados microdureza zona media de la junta



Fuente: Autores del proyecto

Figura 29. Resultados microdureza zona inferior de la junta



Fuente: Autores del proyecto

#### 4.4.2 Análisis de resultados microdureza.

Los barridos de microdureza efectuados detectan valores heterogéneos en todos los procedimientos comparando la dureza de la cara, el centro y la raíz de cada uno, ello se debe a las variaciones microestructurales presentes.

Analizando los barridos de microdureza para todos los procedimientos se observa que el último cordón de relleno presenta una mayor dureza debido a la estructura formada, mayoritariamente constituida de ferrita acicular y estructura dendrítica. Los cordones anteriores a éste presentan una menor dureza, ya que se ven afectados por el calor generado durante la ejecución de los pases posteriores.

La zona afectada por el calor cercano a la raíz del cordón, es la que presenta menor dureza, debido a la gran entrada de calor por el pase de raíz y los pases de relleno lo cual crea un recocido del material, disminuyendo la resistencia mecánica en este punto.

## 5. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados de las pruebas mecánicas y metalográficas realizadas se concluye que tanto los procesos únicos como los mixtos satisfacen los criterios de aceptación establecidos en la Sección IX del Código ASME.
- En la metalografía de la zona media de las juntas soldadas mediante los procedimientos GTAW y GTAW-SMAW se observaron menores zonas de ferrita acicular para el proceso GTAW-SMAW, debido al mayor aporte de calor generado por dos cordones aplicados con el proceso SMAW, lo que produjo un recocido del cordón anterior modificando la morfología de la ferrita acicular a ferrita poligonal, disminuyendo la dureza en esta zona.
- De todos los procesos de soldadura el proceso GTAW presento la mayor zona afectada por el calor, siendo este proceso el que mas aporte de calor genero. Posiblemente esto se debió a la baja velocidad de avance con la que se realizo la junta.
- Por el gran aporte de calor de los últimos pases, el cordón de raíz presenta un recocido en el material, transformándose la ferrita acicular en ferrita equiaxial, lo que tiende a disminuir la resistencia mecánica de la junta en esta zona.
- Los procesos mixtos GTAW-FCAW, SMAW-FCAW Y GTAW-SMAW presentaron mejores propiedades mecánicas con respecto a los procesos únicos, convirtiéndose por lo tanto en una alternativa productiva adecuada para su utilización en soldaduras de ranura.

- El procedimiento FCAW ofrece altas tasas de deposición, excelente velocidad de avance y desperdicio mínimo de material, se recomienda para la soldadura de juntas de penetración parcial, preferiblemente con acceso por dos lados de la junta.
- Dado que los procesos mixtos tienen mejores propiedades mecánicas, al momento de elegir estos procesos se debe tener en cuenta costos, contar con la infraestructura apropiada de acuerdo con el procedimiento a aplicar y mano de obra calificada.
- La junta soldada por el proceso GTAW presentó mayor resistencia a la tensión, mayor límite elástico, mayor porcentaje de elongación y mayor microdureza en la zona afectada térmicamente que el proceso SMAW.
- La junta soldada mediante el procedimiento GTAW-FCAW posee mayor resistencia a la tensión; y menor variación de microdureza en las zonas raíz, centro y cara del metal de soldadura que la juntas soldadas por el proceso SMAW-FCAW.
- La junta soldada con el proceso GTAW-FCAW presentó mayor resistencia a la tensión, mayor dureza en los cordones de la cara y centro del metal de soldadura y menor porcentaje de elongación, con formación de ferrita acicular en la zona afectada térmicamente.

## 6. RECOMENDACIONES

- Para los procesos GTAW Y FCAW se recomienda contar con la infraestructura adecuada para su ejecución, con el fin de evitar que se interrumpa la protección gaseosa durante el procedimiento.
- Además de contar con un procedimiento de soldadura calificado se deben verificar las buenas condiciones del equipo, la calidad del material a utilizar y las garantías de seguridad durante todo el procedimiento de soldeo.
- Para los procedimientos mixtos se deben tener listos los equipos necesarios para los procesos aplicados, procurando hacer el cambio en el menor tiempo posible para garantizar una continuidad en el procedimiento de soldadura y evitar un enfriamiento de la junta realizada con el primer proceso.
- Es muy importante que el inspector a cargo del procedimiento de soldadura conozca exactamente cuales son los requisitos que se deben tener en cuenta para producir cordones de soldadura sanos.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL. Boiler and Pressure Vessel Code. Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers and Welding and Brazing Operators. Section IX. New York, 2010.

[2] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Practice for Microetching Metals and Alloys. DOI:10.1520/E0407, 2007.

[3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Macroetching Metals and Alloys. E340, 2000.

[4] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Knoop and Vickers Hardness of Materials. DOI:10.1520/E0384, 2011.

[5] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens. E3, 1995.

[6] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Marks standard handbook for mechanical engineers 10th ed. Vol 9. New york, 1996.

[7] METALS HANDBOOK, Metallography and microstructures.10th ed., Vol 9. ASM International, Metals Park, Ohio, 2004.

[8] AMERICAN WELDING SOCIETY. Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding. A5.18. Miami, 1993.

[9] AMERICAN WELDING SOCIETY. Specification for Carbon Steel Electrodes for shielded Metal Arc welding. A5.1/A5.1M. Miami, 2004.

[10] AMERICAN WELDING SOCIETY. Gas Shielded Flux-cored Tubular Wire. A5.20. Miami, 2004.

[11] GÓMEZ MORENO, Orlando José. Procesos de soldadura. Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 1983.

[12] González G, Juan C.Soriano R y Gregory G. soldadura del acero api 5l-x52 mediante el proceso flux cored arc welding (fcaw) con transferencia pulsada. Trabajo de grado Ingeniero Metalúrgico. Caracas. : Universidad Central de Venezuela. Escuela de ingeniería Metalúrgica y ciencia de Materiales, 2001. 131p.

[13] Zalar, Mónica. Caracterización de juntas soldadas en acero estructural de alta resistencia. EN: ESAB-CONARCO. Noviembre 2009, no. 123, p. 38-42.

[14] ZALAZAR, Mónica y ASTA, Eduardo. Análisis de soldaduras en servicio para Cañerías aplicando diferentes procesos por arco. En: ESAB-CONARCO. Septiembre 2007, no.128, p. 14-19.

[15] GONZÁLEZ. R y CARRILLO. F, Análisis de la metalurgia y mecánica de la fractura en la ZAG en un proceso por arco sumergido. En: Revista de Metalurgia. Mayo, 1999. Vol. 35, no. 3 p. 155-165.

[16] COOPER. R, SILVA. J y TREVISAN. R, influencia del precalentamiento en las propiedades de uniones soldadas de acero API 5L-X80 soldadas con alambre tubular autoprotegido. En: Revista de Metalurgia. Agosto, 2004. Vol. 40, no. 4 p.280-287.

[17] SERNA GIRALDO, Claudia P. Monitoreo de uniones de acero estructural utilizando ruido magnético de Barkhausen. En: IV Conferencia Panamericana de END ( Octubre: Buenos Aires, Argentina).2007. 12p.

# **ANEXOS**

ANEXO A. CERTIFICADO DE CALIDAD DE LA TUBERIA APIL GRADO B

无锡市华友特钢有限公司  
Wuxi Huayou Special Steel Co., Ltd.

**华友特钢**  
HUAYOU SPECIAL STEEL

**产品质量证明书**  
QUALITY CERTIFICATE

Page 1 / 1  
NO.183 XIBU ROAD, WUXI CITY JIANGSU PROVINCE CHINA.  
TEL:86215857379 EMAIL:WWW.FOLOSSTEEL.COM WUXI CITY CHINA

|                     |    |                                          |        |                        |      |                           |     |                            |      |                               |        |
|---------------------|----|------------------------------------------|--------|------------------------|------|---------------------------|-----|----------------------------|------|-------------------------------|--------|
| 订货单位<br>CUSTOMER    |    | FERRETERIA ESPANOLA Y CIA LDA            |        | 证书号<br>CERTIFICATE NO. |      | 108617046                 |     | 制造方法<br>MAKING METHOD      |      | 热轧<br>HOT-ROLLED              |        |
| 收货单位<br>PURCHASER   |    | FERRETERIA ESPANOLA Y CIA LDA            |        | 信用证号/L/C NO.           |      | CX1140564                 |     | 交货状态<br>DELIVERY CONDITION |      | 热轧态<br>AS-ROLLED              |        |
| 产品名称<br>PRODUCT     |    | 无缝钢管<br>COLD ROLLED SEAMLESS STEEL PIPES |        | 合同号<br>CONTRACT NO.    |      | PULO-VTVI-0<br>35-COR     |     | 热处理工艺<br>HEAT TREATMENT    |      |                               |        |
| 标准<br>SPECIFICATION |    | ASTM A53/1106/API 5L                     |        | 规格<br>GRADE            |      | B                         |     | 出货日期<br>DATE OF ISSUE      |      | 2010-06-08                    |        |
| 外径<br>O.D.          | 6" | 壁厚<br>W.T.                               | 3.18mm | 长度<br>LENGTH           | 5.0m | 总支数<br>TOTAL PIECES (PCS) | 270 | 总米数<br>TOTAL METERS        | 1566 | 总重量(吨)<br>TOTAL WEIGHT (TONS) | 41.253 |


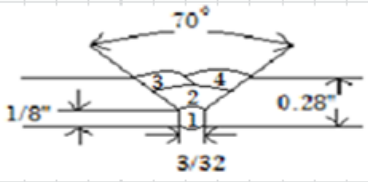
| 序号<br>NO. | 生产批号<br>WHS. NO. | 炉号<br>HEAT NO. | 支数<br>PCS | 化学成分 %<br>CHEMICAL COMPOSITION |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |    |    |    |   |   | 非金属夹杂物 (级)<br>Non-Metallic Inclusions (Grade) |   |  |  |
|-----------|------------------|----------------|-----------|--------------------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|---|---|-----------------------------------------------|---|--|--|
|           |                  |                |           | *1                             | C    | Si   | Mn    | P     | S    | Cr   | Ni   | Mo   | Al   | V    | Nb | Ti | As | A | B | C                                             | D |  |  |
|           |                  |                |           | Max                            | 0.28 | 0.30 | 0.030 | 0.030 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.08 |    |    |    |   |   |                                               |   |  |  |

| 网上序号<br>NO. | 拉伸试验 TENSILE TEST |     |          | 冲击试验 IMPACT TEST                           |   |   |   | 硬度试验<br>HARDNESS TEST | 水压试验<br>HYDROSTATIC TEST | 无损探伤检测<br>N.D.T. |               | 金相试验<br>METALLOGRAPHIC EXAMINATION |                       |
|-------------|-------------------|-----|----------|--------------------------------------------|---|---|---|-----------------------|--------------------------|------------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|
|             | *2                | *3  | 伸长率 E.L. | 试验温度 TEMPERATURE OF TEST<br>10×10×55 (20℃) |   |   |   |                       |                          | 涡流探伤<br>E.T.     | 超声波探伤<br>T.T. | 显微组织<br>MICROSTRUCTURE             | 晶粒度 (级)<br>GRAIN SIZE |
|             | Max               | 415 | 245      | 23                                         | 1 | 2 | 3 |                       |                          | AVG              | 合格<br>GOOD    | 合格<br>GOOD                         | 合格<br>GOOD            |

注: \*1. H: HEAT (LABEL) ANALYSIS; P: PRODUCT ANALYSIS; \*2. 试样尺寸 SIZE: 楔形试样 STRIP T×10.00 mm.  
\*3. 试验方向 ORIENTATION: L-纵向 LONGITUDINAL; \*4. ST-0.2NOFFSET.  
WE HEREBY CONFIRM THAT OUR PRODUCTS ARE MADE WITH MATERIALS WHICH ARE FREE FROM RADIATION CONTAMINATION

检验员 INSPECTOR: 魏博  
审核人 CHIEF: [Signature]  
工厂检验印章 STAMP OF MILL INSPECTOR

## ANEXO B. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) PROCESO SMAW

|  <b>QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS(WPS)</b><br><small>(See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)</small>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                           |                                                                                                       |                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Company Name</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | INGESOL LATINOAMERICA S.A | <b>By:</b>                                                                                            | CAROLINA CÁ CERES-YULENNY GUTIÉRREZ                                 |
| <b>Welding Procedure Specification No.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | SMAW                      | <b>Revision</b>                                                                                       | 0                                                                   |
| <b>Supporting PQR No.(s)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1S                        | <b>Date</b>                                                                                           | 12/12/2011                                                          |
| <b>Welding Process(es)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | SMAW                      | <b>Type(s)</b>                                                                                        | MANUAL<br><small>(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto)</small> |
| <b>JOINTS (QW-402)</b><br>Joint Design <b>SEE DETAILS</b><br>Root Spacing <b>SEE DETAILS</b><br>Backing (Yes) _____ (no) <u>X</u><br>Backing Material (Type) _____<br><input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Nonfusing Metal<br><input type="checkbox"/> NonMetallic <input type="checkbox"/> Other<br><small>Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.</small> |                           | <b>Details</b><br> |                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           | <b>Retainers</b>                                                                                      | <b>NOT USED</b>                                                     |
| <b>*BASE METALS (QW-403)</b><br>P-No. <u>1</u> Group No. <u>1,2</u> to P-No. <u>1</u> Group No. <u>1,2</u><br>OR<br>Specification and type/grade or UNS Number _____<br>to Specification and type/grade or UNS Number _____<br>OR<br>Chem. Analysis and Mech. Prop. _____<br>to Chem. Analysis and Mech. Prop. _____<br>Thickness Range:<br>Base Metal: Groove <u>1/16"</u> to <u>0.56"</u> Fillet <u>ALL</u><br>Maximum Pass Thickness $\leq \frac{1}{2}$ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/><br>Other <u>NONE</u>          |                           |                                                                                                       |                                                                     |
| <b>*FILLER METALS (QW-404)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                           |                                                                                                       |                                                                     |
| Spec. No. (SFA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | SMAW                      | SMAW                                                                                                  |                                                                     |
| AWS No. (Class)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | E6010                     | E7018                                                                                                 |                                                                     |
| F-No.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3                         | 4                                                                                                     |                                                                     |
| A-No.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1                         | 1                                                                                                     |                                                                     |
| Size of Filler Metals                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3/32"                     | 1/8"                                                                                                  |                                                                     |
| Filler Metal Product Form                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | NA                        | NA                                                                                                    |                                                                     |
| Supplemental Filler Metal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | NA                        | NA                                                                                                    |                                                                     |
| Weld Metal Thickness Range Groove                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3/16" MAX                 | 3/8" MAX                                                                                              |                                                                     |
| Fillet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ALL                       | ALL                                                                                                   |                                                                     |
| Electrode-Flux (Class)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | NA                        | NA                                                                                                    |                                                                     |
| Flux Type                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | NA                        | NA                                                                                                    |                                                                     |
| Flux Trade Name                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | NA                        | NA                                                                                                    |                                                                     |
| Consumable Insert                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | NA                        | NA                                                                                                    |                                                                     |
| Other                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | NONE                      | NONE                                                                                                  |                                                                     |



**QW-482 (Back)**

WPS No.           SMAW           Rev.   0  

|                           |                                    |                                         |      |
|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|------|
| <b>POSITIONS (QW-405)</b> |                                    | <b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b> |      |
| Position(s) of Groove     | ALL                                | Temperature Range                       | NONE |
| Welding Progression:      | Up. <u>  X  </u> Down <u>  -  </u> | Time Range                              | NONE |
| Position(s) of Fillet     | ALL                                | Other: NONE                             |      |

|                         |             |                     |           |               |
|-------------------------|-------------|---------------------|-----------|---------------|
| <b>PREHEAT (QW-406)</b> |             | <b>GAS (QW-408)</b> |           |               |
| Preheat Temp. Min.      | 50°F        | Percent Composition |           |               |
| Interpass Temp. Max.    | AS WELDED   | Gas(es)             | (Mixture) | Flow Rate.cfh |
| Preheat Maintenance     | NO REQUIRED | Shielding           | NA        |               |
|                         |             | Trailing            | NA        |               |
|                         |             | Backing             | NA        |               |

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)**


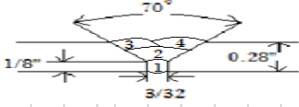
| Weld Layer(s) | Process | Filler Metal |       | Current     |            | Volt Range | Travel Speed Range | Other<br>(e.g. Remarks, Comments, Hot Wire, Addition, Technique, Torch Angle, Etc.) |
|---------------|---------|--------------|-------|-------------|------------|------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|               |         | Class        | Dia.  | Type Polar. | Amp. Range |            |                    |                                                                                     |
| 1             | SMAW    | E6010        | 3/32" | DCEP        | 75-90      | 20-25      | -                  |                                                                                     |
| 2.-4          | SMAW    | E7018        | 1/8"  | DCEP        | 90-140     | 20-25      | -                  |                                                                                     |
|               |         |              |       |             |            |            |                    |                                                                                     |
|               |         |              |       |             |            |            |                    |                                                                                     |

*Amp and volts range should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc.*

|                                       |                                                             |                  |     |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------|-----|
| Pulsing Current                       | NA                                                          | Heat Input (max) | ANY |
| Tungsten Electrode Size and Type      | NA<br><small>(Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc)</small>     |                  |     |
| Mode of Metal Transfer For GMAW       | NA<br><small>(Spray Arc, Short Circuiting Arc, etc)</small> |                  |     |
| Electrode Wire feed speed range (IPM) | NA                                                          |                  |     |
| Other                                 | NONE                                                        |                  |     |

|                                            |                           |  |  |
|--------------------------------------------|---------------------------|--|--|
| <b>TECNICA (QW-410)</b>                    | SMAW                      |  |  |
| String or weave bead                       | BOTH                      |  |  |
| Orifice , nozzle, or gas cup size.         | NA                        |  |  |
| Initial Cleaning (Brushing, Grinding, etc) | BRUSHING,GRINDING         |  |  |
| Interpass Cleaning (Brushing, Grinding,    | BRUSHING,GRINDING         |  |  |
| Method of Back Gouging                     | ARC-AIR,BRUSHING,GRINDING |  |  |
| Oscillation                                | NA                        |  |  |
| Contact Tube to Work Distance              | NA                        |  |  |
| Multiple or Single Pass (per side)         | SINGLE OR MULTIPLE        |  |  |
| Multiple or Single Electrodes              | SINGLE                    |  |  |
| Electrode Spacing                          | NA                        |  |  |
| Peening                                    | NO ALLOWED                |  |  |
| Other <i>thermal processes used</i>        | ALL                       |  |  |

## ANEXO C. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR) PROCESO SMAW

|  |             | <b>QW-483 SUGGESTED FORMAT FOR PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------|-----------|-----------------|-----------|----|----------|----|----------|-------|----|-----|---------|----|----|-------------------------|-------|------|----------------------------------------|----|----|------------|-------------|-------------|
| (See QW-200.2, Section IX ASME Boiler and Pressure Vessel Code)                   |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Company Name                                                                      |             | INGESOL LATINOAMERICA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | PQR No. 1S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| WPS No.                                                                           | SMAW        | Type                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Manual<br><small>Manual, Automatic, Semi-Automatic</small>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Welding Process(es)                                                               |             | SMAW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| <b>JOINTS (QW-402)</b>                                                            |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Pass 1 - E6010<br>Pass 2,3,4 - E7018                                              |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| <b>BASE METALS (QW-403)</b>                                                       |             | <b>POSWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Material Spec. API 5L                                                             |             | Temperature NONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Type/Grade or UNS Number Grado B                                                  |             | Time NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| P.No. 1 Group 1 to P-No. 1 Group 1                                                |             | Other NONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Thickness of Test Coupon 0,28"                                                    |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Diameter of Test Coupon 65/8" OD                                                  |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Maximum Pass Thickness 1/8"                                                       |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Other NONE                                                                        |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| <b>FILLER METALS (QW-404)</b>                                                     |             | <b>GAS (QW-408)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
|                                                                                   | SMAW        | SMAW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| SFA Specification                                                                 | 5.1         | 5.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| AWS Classification                                                                | E6010       | E7018                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Filler Metal F-No.                                                                | 3           | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Weld Metal Analysis A-No.                                                         | 1           | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Size of Filler Metal                                                              | 3/32"       | 1/8"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Filler Metal Product Form                                                         | NA          | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Supplemental Filler Metal                                                         | NA          | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Electrode Flux (Class)                                                            | NA          | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Flux Type                                                                         | NA          | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Flux Trade Name                                                                   | NA          | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Weld Metal Thickness                                                              | 3/32"       | 3/16"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Other                                                                             | NONE        | NONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
|                                                                                   |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 30%;">Gas(es)</th> <th style="width: 20%;">(Mixture)</th> <th style="width: 20%;">Flow Rate (CFH)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Shielding</td> <td style="text-align: center;">NA</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Trailing</td> <td style="text-align: center;">NA</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Backing</td> <td style="text-align: center;">NA</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">NONE</td> </tr> </tbody> </table> |  | Gas(es) | (Mixture) | Flow Rate (CFH) | Shielding | NA |          |    | Trailing | NA    |    |     | Backing | NA |    |                         | Other | NONE |                                        |    |    |            |             |             |
|                                                                                   | Gas(es)     | (Mixture)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Flow Rate (CFH)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Shielding                                                                         | NA          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Trailing                                                                          | NA          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Backing                                                                           | NA          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Other                                                                             | NONE        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| <b>POSITION (QW-405)</b>                                                          |             | <b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Position of Groove 6G                                                             |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Weld Progression (Uphill, Downhill) UPHILL                                        |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Other NONE                                                                        |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| <b>PREHEAT (QW-406)</b>                                                           |             | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 30%;">SMAW</th> <th style="width: 30%;">SMAW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Current</td> <td style="text-align: center;">DC</td> <td style="text-align: center;">DC</td> </tr> <tr> <td>Polarity</td> <td style="text-align: center;">EP</td> <td style="text-align: center;">EP</td> </tr> <tr> <td>Amps.</td> <td style="text-align: center;">85</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>Volts.</td> <td style="text-align: center;">22</td> <td style="text-align: center;">23</td> </tr> <tr> <td>Tungsten Electrode Size</td> <td style="text-align: center;">NA</td> <td style="text-align: center;">NA</td> </tr> <tr> <td>Mode or Metal Transfer for GMAW (FCAW)</td> <td style="text-align: center;">NA</td> <td style="text-align: center;">NA</td> </tr> <tr> <td>Heat input</td> <td style="text-align: center;">NO RECORDED</td> <td style="text-align: center;">NO RECORDED</td> </tr> </tbody> </table> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | SMAW    | SMAW      | Current         | DC        | DC | Polarity | EP | EP       | Amps. | 85 | 100 | Volts.  | 22 | 23 | Tungsten Electrode Size | NA    | NA   | Mode or Metal Transfer for GMAW (FCAW) | NA | NA | Heat input | NO RECORDED | NO RECORDED |
|                                                                                   | SMAW        | SMAW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Current                                                                           | DC          | DC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Polarity                                                                          | EP          | EP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Amps.                                                                             | 85          | 100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Volts.                                                                            | 22          | 23                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Tungsten Electrode Size                                                           | NA          | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Mode or Metal Transfer for GMAW (FCAW)                                            | NA          | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Heat input                                                                        | NO RECORDED | NO RECORDED                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Preheat Temp. 100°F                                                               |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Interpass Temp. NO RECORDED                                                       |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Other NONE                                                                        |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| <b>TECHNIQUE (QW-410)</b>                                                         |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Travel Speed (In/M in)                                                            |             | SMAW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| String or weave bead                                                              |             | ANY                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Oscillation                                                                       |             | BOTH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Multi or Single Pass (per side)                                                   |             | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Single or Multiple Electrodes                                                     |             | MULTIPLE E7018                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
| Other                                                                             |             | SINGLE E6010                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
|                                                                                   |             | SINGLE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |
|                                                                                   |             | NONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |         |           |                 |           |    |          |    |          |       |    |     |         |    |    |                         |       |      |                                        |    |    |            |             |             |



QW-483 (BACK )

PQR No. 1S

**TENSILE TEST (QW-150)**

| Specimen No. | Width (In) | Thickness (mm) | Area (mm) <sup>2</sup> | Ultimate Total Load (N) | Ultimate Unit Stress (MPa) | Type of Failure & Location |
|--------------|------------|----------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| S-T1         | 19.45      | 3.9            | 75.855                 | 35300                   | 465.3615451                | DUCTILE. BM                |
| S-T2         | 19.09      | 4.5            | 85.905                 | 41930                   | 488.0973168                | DUCTILE. BM                |
|              |            |                |                        |                         |                            |                            |
|              |            |                |                        |                         |                            |                            |

**GUIDED BEND TEST (QW-160)**

| TYPE AND FIGURE No.         | RESULT       |
|-----------------------------|--------------|
| S-DC3 FACE BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| S-DC4 FACE BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| S-DR5 ROOT BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| S-DR6 ROOT BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |

**TOUGHNESS TEST (QW-170)**

| Specimen No. | Notch Location | Specimen Size | Temp. Test | Impact Values |         |      | Drop Weight Break (Y/N) |
|--------------|----------------|---------------|------------|---------------|---------|------|-------------------------|
|              |                |               |            | Ft. Lbs.      | % Shear | Mils |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |

**FILLET WELD TEST (QW-180)**

Result Satisfactory YES  NO  Penetration into Parent Metal YES  NO   
 Macro Results \_\_\_\_\_

**OTHER TEST**


Type of Test \_\_\_\_\_  
 Deposit Analysis \_\_\_\_\_  
 Other \_\_\_\_\_

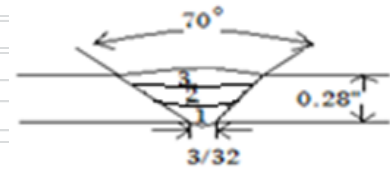
Welder's name OMAR HERNANDO CELIS CAMARGO C.C.91179540 Stamp OC  
 Test Conducted By LABORATORIO ING CIVIL Laboratory Test No. S

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

DATE 10-02-12 By GABRIEL ORLANDO PORRAS

## ANEXO D. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) PROCESO GTAW

|  <b>QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS(WPS)</b><br>(See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code) |                                          |                 |                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Company Name</b>                                                                                                                                                                                                            | INGESOL LATINOAMERICA S.A                | <b>By:</b>      | YULENNY GUTIÉRREZ-CAROLINA CÁCERES                                   |
| <b>Welding Procedure Specification No.</b>                                                                                                                                                                                     | GTAW                                     | <b>Revision</b> | 0                                                                    |
| <b>Supporting PQR No.(s)</b>                                                                                                                                                                                                   | 1G                                       | <b>Date</b>     | 12/12/2011                                                           |
| <b>Welding Process(es)</b>                                                                                                                                                                                                     | GTAW                                     | <b>Type(s)</b>  | MANUAL<br><small>(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto.)</small> |
| <b>JOINTS (QW-402)</b>                                                                                                                                                                                                         |                                          | Details         |                                                                      |
| Joint Design                                                                                                                                                                                                                   | SEE DETAILS                              |                 |                                                                      |
| Root Spacing                                                                                                                                                                                                                   | SEE DETAILS                              |                 |                                                                      |
| Backing (Yes)                                                                                                                                                                                                                  | <input checked="" type="checkbox"/> X    | (no)            | <input type="checkbox"/> X                                           |
| Backing Material (Type)                                                                                                                                                                                                        | BASE,WELD/METAL                          |                 |                                                                      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Metal                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> Nonfusing Metal |                 |                                                                      |
| <input type="checkbox"/> NonMetallic                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> Other           |                 |                                                                      |
| Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.          |                                          |                 |                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                |                                          | Retainers       | NOT USED                                                             |
| <b>*BASE METALS (QW-403)</b>                                                                                                                                                                                                   |                                          |                 |                                                                      |
| P-No.                                                                                                                                                                                                                          | 1                                        | Group No.       | 1,2 to P-No. 1 Group No. 1,2                                         |
| OR                                                                                                                                                                                                                             |                                          |                 |                                                                      |
| Specification and type/grade or UNS Number                                                                                                                                                                                     |                                          |                 |                                                                      |
| to Specification and type/grade or UNS Number                                                                                                                                                                                  |                                          |                 |                                                                      |
| OR                                                                                                                                                                                                                             |                                          |                 |                                                                      |
| Chem. Analysis and Mech. Prop.                                                                                                                                                                                                 |                                          |                 |                                                                      |
| to Chem. Analysis and Mech. Prop.                                                                                                                                                                                              |                                          |                 |                                                                      |
| Thickness Range:                                                                                                                                                                                                               |                                          |                 |                                                                      |
| Base Metal:                                                                                                                                                                                                                    | Groove                                   | 1/16"           | to 0,56" Fillet ALL                                                  |
| Maximum Pass Thickness $\leq \frac{1}{2}$ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>                                                                                                                  |                                          |                 |                                                                      |
| Other NONE                                                                                                                                                                                                                     |                                          |                 |                                                                      |
| <b>*FILLER METALS (QW-404)</b>                                                                                                                                                                                                 |                                          |                 |                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                | GTAW                                     |                 |                                                                      |
| Spec. No. (SFA)                                                                                                                                                                                                                | 5,18                                     |                 |                                                                      |
| AWS No. (Class)                                                                                                                                                                                                                | ER-70S-6                                 |                 |                                                                      |
| F-No.                                                                                                                                                                                                                          | 6                                        |                 |                                                                      |
| A-No.                                                                                                                                                                                                                          | 1                                        |                 |                                                                      |
| Size of Filler Metals                                                                                                                                                                                                          | 3/32"                                    |                 |                                                                      |
| Filler Metal Product Form                                                                                                                                                                                                      | SOLID                                    |                 |                                                                      |
| Supplemental Filler Metal                                                                                                                                                                                                      | NONE                                     |                 |                                                                      |
| Weld Metal Thickness Range Groove                                                                                                                                                                                              | 0,56" MAX                                |                 |                                                                      |
| Fillet                                                                                                                                                                                                                         | ALL                                      |                 |                                                                      |
| Electrode-Flux (Class)                                                                                                                                                                                                         | NA                                       |                 |                                                                      |
| Flux Type                                                                                                                                                                                                                      | NA                                       |                 |                                                                      |
| Flux Trade Name                                                                                                                                                                                                                | NA                                       |                 |                                                                      |
| Consumable Insert                                                                                                                                                                                                              | NONE                                     |                 |                                                                      |
| Other                                                                                                                                                                                                                          | NONE                                     |                 |                                                                      |





**QW-482 (Back)**

WPS No. GTAW Rev. 0

|                           |                            |                                         |      |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|------|
| <b>POSITIONS (QW-405)</b> |                            | <b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b> |      |
| Position(s) of Groove     | ALL                        | Temperature Range                       | NONE |
| Welding Progression:      | Up. <u>X</u> Down <u>-</u> | Time Range                              | NA   |
| Position(s) of Fillet     | ALL                        | Other: NONE                             |      |

|                         |             |                     |           |                                 |
|-------------------------|-------------|---------------------|-----------|---------------------------------|
| <b>PREHEAT (QW-406)</b> |             | <b>GAS (QW-408)</b> |           |                                 |
| Preheat Temp. Min.      | 50°F        | Percent Composition |           |                                 |
| Interpass Temp. Max.    | AS WELDED   | Gas(es)             | (Mixture) | Flow Rate.cfh                   |
| Preheat Maintenance     | NO REQUIRED | Shielding           | Ar        | Tipo comercial <u>15-35 cfh</u> |
|                         |             | Trailing            | NONE      |                                 |
|                         |             | Backing             | NONE      |                                 |


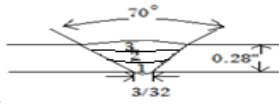
| <b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b> |         |              |       |             |            |            |                    |                                                                                     |
|--------------------------------------------|---------|--------------|-------|-------------|------------|------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Weld Layer(s)                              | Process | Filler Metal |       | Current     |            | Volt Range | Travel Speed Range | Other<br>(e.g. Remarks, Comments, Hot Wire, Addition, Technique, Torch Angle, Etc.) |
|                                            |         | Class        | Dia.  | Type Polar. | Amp. Range |            |                    |                                                                                     |
| 1,-3                                       | GTAW    | ER70S-6      | 3/32" | DCEN        | 90-180     | 10-15      | -                  |                                                                                     |
|                                            |         |              |       |             |            |            |                    |                                                                                     |
|                                            |         |              |       |             |            |            |                    |                                                                                     |

*Amp and volts range should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc.*

|                                       |                                                                   |                  |     |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------|-----|
| Pulsing Current                       | NA                                                                | Heat Input (max) | ANY |
| Tungsten Electrode Size and Type      | EWTH-2, 3/32<br><small>(Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc)</small> |                  |     |
| Mode of Metal Transfer For GMAW       | NA<br><small>(Spray Arc, Short Circuiting Arc, etc)</small>       |                  |     |
| Electrode Wire feed speed range (IPM) | NA                                                                |                  |     |
| Other                                 |                                                                   |                  |     |

|                                              |                             |  |  |
|----------------------------------------------|-----------------------------|--|--|
| <b>TECNICA (QW-410)</b>                      | GTAW                        |  |  |
| String or weave bead                         | BOTH                        |  |  |
| Orifice, nozzle, or gas cup size.            | 3/8-3/4                     |  |  |
| Initial Cleaning (Brushing, Grinding, etc)   | BRUSHING, GRINDING          |  |  |
| Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc) | BRUSHING, GRINDING          |  |  |
| Method of Back Gouging                       | ARC-AIR, BRUSHING, GRINDING |  |  |
| Oscillation                                  | NA                          |  |  |
| Contact Tube to Work Distance                | NA                          |  |  |
| Multiple or Single Pass (per side)           | SINGLE OR MULTIPLE          |  |  |
| Multiple or Single Electrodes                | SINGLE                      |  |  |
| Electrode Spacing                            | NA                          |  |  |
| Peening                                      | NO ALLOWED                  |  |  |
| Other <i>thermal processes used</i>          | ALL                         |  |  |

## ANEXO E. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR) PROCESO GTAW

|  <b>QW-483 SUGGESTED FORMAT FOR PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)</b> |                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| (See QW-200.2, Section IX ASME Boiler and Pressure Vessel Code)                                                                                            |                                                            |
| <b>Company Name</b>                                                                                                                                        | INGESOL LATINOAMERICA                                      |
| <b>WPS No.</b>                                                                                                                                             | GTAW                                                       |
| <b>Welding Process(es)</b>                                                                                                                                 | GTAW                                                       |
| <b>PQR No.</b>                                                                                                                                             | 1G                                                         |
| <b>Type</b>                                                                                                                                                | Manual<br><small>Manual, Automatic, Semi-Automatic</small> |
| <b>JOINTS (QW-402)</b>                                                                                                                                     |                                                            |
|                                                                           |                                                            |
| <b>BASE METALS (QW-403)</b>                                                                                                                                |                                                            |
| Material Spec.                                                                                                                                             | API 5L                                                     |
| Type/Grade or UNS Number                                                                                                                                   | GradoB                                                     |
| P.No. 1 Group 1 to P.No. 1 Group 1                                                                                                                         |                                                            |
| Thickness of Test Coupon                                                                                                                                   | 0,28"                                                      |
| Diameter of Test Coupon                                                                                                                                    | 6 5/8" OD                                                  |
| Maximum Pass Thickness                                                                                                                                     | 3/32"                                                      |
| Other                                                                                                                                                      | NONE                                                       |
| <b>POSWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b>                                                                                                                     |                                                            |
| Temperature                                                                                                                                                | NONE                                                       |
| Time                                                                                                                                                       | NA                                                         |
| Other                                                                                                                                                      | NONE                                                       |
| <b>FILLER METALS (QW-404)</b>                                                                                                                              |                                                            |
| <b>GTAW</b>                                                                                                                                                |                                                            |
| SFA Specification                                                                                                                                          | 5.18                                                       |
| AWS Classification                                                                                                                                         | ER70S-6                                                    |
| Filler Metal F-No.                                                                                                                                         | 6                                                          |
| Weld Metal Analysis A-No.                                                                                                                                  | 1                                                          |
| Size of Filler Metal                                                                                                                                       | 3/32"                                                      |
| Filler Metal Product Form                                                                                                                                  | SOLID                                                      |
| Supplemental Filler Metal                                                                                                                                  | NONE                                                       |
| Electrode Flux (Class)                                                                                                                                     | NA                                                         |
| Flux Type                                                                                                                                                  | NA                                                         |
| Flux Trade Name                                                                                                                                            | NA                                                         |
| Weld Metal Thickness                                                                                                                                       | 0,28"                                                      |
| Other                                                                                                                                                      | NONE                                                       |
| <b>POSITION (QW-405)</b>                                                                                                                                   |                                                            |
| Position of Groove                                                                                                                                         | 6G                                                         |
| Weld Progression (Uphill, Downhill)                                                                                                                        | UPHILL                                                     |
| Other                                                                                                                                                      | NONE                                                       |
| <b>PREHEAT (QW-406)</b>                                                                                                                                    |                                                            |
| Preheat Temp.                                                                                                                                              | 100°F                                                      |
| Interpass Temp.                                                                                                                                            | NO RECORDED                                                |
| Other                                                                                                                                                      | NONE                                                       |
| <b>GAS (QW-408)</b>                                                                                                                                        |                                                            |
|                                                                                                                                                            | Gas(es)      (Mixture)      Flow Rate (CFH)                |
| Shielding                                                                                                                                                  | ARGON      COMERCIAL      22                               |
| Trailing                                                                                                                                                   | NONE                                                       |
| Backing                                                                                                                                                    | NONE                                                       |
| Other                                                                                                                                                      | NONE                                                       |
| <b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b>                                                                                                                 |                                                            |
|                                                                                                                                                            | <b>GTAW</b>                                                |
| Current                                                                                                                                                    | DC                                                         |
| Polarity                                                                                                                                                   | EN                                                         |
| Amps.                                                                                                                                                      | 100-180                                                    |
| Volts.                                                                                                                                                     | 14                                                         |
| Tungsten Electrode Size                                                                                                                                    | 3/32"                                                      |
| Mode or Metal Transfer for GMAW (FCAW)                                                                                                                     | NA                                                         |
| Heat input                                                                                                                                                 | NO RECORDED                                                |
| <b>TECHNIQUE (QW-410)</b>                                                                                                                                  |                                                            |
|                                                                                                                                                            | <b>GTAW</b>                                                |
| Travel Speed (In/M in)                                                                                                                                     | ANY                                                        |
| String or weave bead                                                                                                                                       | BOTH                                                       |
| Oscillation                                                                                                                                                | NA                                                         |
| Multi or Single Pass (per side)                                                                                                                            | MULTIPLE                                                   |
| Single or Multiple Electrodes                                                                                                                              | SINGLE                                                     |
| Other                                                                                                                                                      | NONE                                                       |



QW-483 (BACK )

PQR No. 1G

**TENSILE TEST (QW-150)**

| Specimen No. | Width (mm) | Thickness (mm) | Area (mm) <sup>2</sup> | Ultimate Total Load (N) | Ultimate Unit Stress (Mpa) | Type of Failure & Location |
|--------------|------------|----------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| G-T1         | 19.53      | 3.62           | 70.699                 | 35350                   | 500.0099012                | DUCTILE. BM                |
| G-T2         | 17.76      | 4.45           | 79.032                 | 38190                   | 483.221986                 | DUCTILE. BM                |
|              |            |                |                        |                         |                            |                            |
|              |            |                |                        |                         |                            |                            |

**GUIDED BEND TEST (QW-160)**

| TYPE AND FIGURE No.         | RESULT       |
|-----------------------------|--------------|
| G-DC3 FACE BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| G-DC4 FACE BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| G-DR5 ROOT BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| G-DR6 ROOT BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |

**TOUGHNESS TEST (QW-170)**

| Specimen No. | Notch Location | Specimen Size | Temp. Test | Impact Values |         |      | Drop Weight Break (Y/N) |
|--------------|----------------|---------------|------------|---------------|---------|------|-------------------------|
|              |                |               |            | Ft. Lbs.      | % Shear | Mils |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |

**FILLET WELD TEST (QW-180)**

Result Satisfactory YES  NO  Penetration into Parent Metal YES  NO   
 Macro Results \_\_\_\_\_

**OTHER TEST**


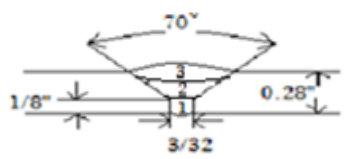
Type of Test \_\_\_\_\_  
 Deposit Analysis \_\_\_\_\_  
 Other \_\_\_\_\_

Welder's name OMAR HERNANDO CELIS CAMARGO C.C 91179540 Stamp OC  
 Test Conducted By LABORATORIO ING CIVIL UIS Laboratory Test No. G

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

DATE 10-02-12 By GABRIEL ORLANDO PORRAS AREVALO

## ANEXO F. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) PROCESO SMAW-FCAW

|                                                                                                                                                     |                                          | <b>QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)</b><br><small>(See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)</small> |                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Company Name</b>                                                                                                                                                                                                                  | INGESOL LATINOAMERICA S.A                | <b>By:</b>                                                                                                                                                   | CAROLINA CÁCERES-YULENNY GUTIÉRREZ                                                  |
| <b>Welding Procedure Specification No.</b>                                                                                                                                                                                           | SMAW-FCAW                                | <b>Revision</b>                                                                                                                                              | 0                                                                                   |
| <b>Supporting PQR No.(s)</b>                                                                                                                                                                                                         | 1SF                                      | <b>Date</b>                                                                                                                                                  | 12/12/2011                                                                          |
| <b>Welding Process(es)</b>                                                                                                                                                                                                           | SMAW+FCAW                                | <b>Type(s)</b>                                                                                                                                               | MANUAL+SEMIAUTOMATICO<br><small>(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto.)</small> |
| <b>JOINTS (QW-402)</b>                                                                                                                                                                                                               |                                          | Details                                                                                                                                                      |                                                                                     |
| Joint Design                                                                                                                                                                                                                         | SEE DETAILS                              |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| Root Spacing                                                                                                                                                                                                                         | SEE DETAILS                              |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| Backing (Yes) _____ (no) _____                                                                                                                                                                                                       | X                                        |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| Backing Material (Type)                                                                                                                                                                                                              | _____                                    |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| <input type="checkbox"/> Metal                                                                                                                                                                                                       | <input type="checkbox"/> Nonfusing Metal |                                                                           |                                                                                     |
| <input type="checkbox"/> NonMetallic                                                                                                                                                                                                 | <input type="checkbox"/> Other           |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| <small>Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.</small> |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| Retainers                                                                                                                                                                                                                            |                                          | NOT USED                                                                                                                                                     |                                                                                     |
| <b>*BASE METALS (QW-403)</b>                                                                                                                                                                                                         |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| P-No. _____                                                                                                                                                                                                                          | Group No. _____                          | to P-No. _____                                                                                                                                               | Group No. _____                                                                     |
| OR                                                                                                                                                                                                                                   |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| Specification and type/grade or UNS Number _____                                                                                                                                                                                     |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| to Specification and type/grade or UNS Number _____                                                                                                                                                                                  |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| OR                                                                                                                                                                                                                                   |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| Chem. Analysis and Mech. Prop. _____                                                                                                                                                                                                 |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| to Chem. Analysis and Mech. Prop. _____                                                                                                                                                                                              |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| Thickness Range: _____                                                                                                                                                                                                               |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| Base Metal:                                                                                                                                                                                                                          | Groove                                   | 1/16" to 0.56"                                                                                                                                               | Fillet ALL                                                                          |
| Maximum Pass Thickness ≤ 1/2 Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>                                                                                                                                     |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| Other <u>NONE</u>                                                                                                                                                                                                                    |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
| <b>*FILLER METALS (QW-404)</b>                                                                                                                                                                                                       |                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                      | SMAW                                     | SMAW                                                                                                                                                         | FCAW                                                                                |
| Spec. No. (SFA)                                                                                                                                                                                                                      | 5.1                                      | 5.1                                                                                                                                                          | 5.20                                                                                |
| AWS No. (Class)                                                                                                                                                                                                                      | E6010                                    | E7018                                                                                                                                                        | E71T-1C                                                                             |
| F-No.                                                                                                                                                                                                                                | 3                                        | 4                                                                                                                                                            | 6                                                                                   |
| A-No.                                                                                                                                                                                                                                | 1                                        | 1                                                                                                                                                            | 1                                                                                   |
| Size of Filler Metals                                                                                                                                                                                                                | 3/32"                                    | 1/8"                                                                                                                                                         | 0,045"                                                                              |
| Filler Metal Product Form                                                                                                                                                                                                            | NA                                       | NA                                                                                                                                                           | FLUX-CORED                                                                          |
| Supplemental Filler Metal                                                                                                                                                                                                            | NA                                       | NA                                                                                                                                                           | NO ALLOWED                                                                          |
| Weld Metal Thickness Range Groove                                                                                                                                                                                                    | 1/8" MAX                                 | 3/16" MAX                                                                                                                                                    | 1/4" MAX                                                                            |
| Fillet                                                                                                                                                                                                                               | ALL                                      | ALL                                                                                                                                                          | ALL                                                                                 |
| Electrode-Flux (Class)                                                                                                                                                                                                               | NA                                       | NA                                                                                                                                                           | NA                                                                                  |
| Flux Type                                                                                                                                                                                                                            | NA                                       | NA                                                                                                                                                           | NA                                                                                  |
| Flux Trade Name                                                                                                                                                                                                                      | NA                                       | NA                                                                                                                                                           | NA                                                                                  |
| Consumable Insert                                                                                                                                                                                                                    | NA                                       | NA                                                                                                                                                           | NA                                                                                  |
| Other                                                                                                                                                                                                                                | NONE                                     | NONE                                                                                                                                                         | NO ALLOWED SUPPLEMENTAL ALLOY ELEMENTS                                              |



**QW-482 (Back)**

WPS No. SMAW-FCAW Rev. 0

|                           |              |                                         |      |
|---------------------------|--------------|-----------------------------------------|------|
| <b>POSITIONS (QW-405)</b> |              | <b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b> |      |
| Position(s) of Groove     | ALL          | Temperature Range                       | NONE |
| Welding Progression:      | Up. X Down - | Time Range                              | NA   |
| Position(s) of Fillet     | ALL          | Other: NONE                             |      |

|                         |             |                     |                 |                      |
|-------------------------|-------------|---------------------|-----------------|----------------------|
| <b>PREHEAT (QW-406)</b> |             | <b>GAS (QW-408)</b> |                 |                      |
| Preheat Temp. Min.      | 50°F        | Percent Composition |                 |                      |
| Interpass Temp. Max.    | NO RECORDED | Gas(es)             | (Mixture)       | Flow Rate.cfh        |
| Preheat Maintenance     | NA          | Shielding           | CO <sub>2</sub> | TIPO COMERCIAL 20-50 |
|                         |             | Trailing            | NA              |                      |
|                         |             | Backing             | NA              |                      |

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)**

| Weld Layer(s) | Process | Filler Metal |       | Current     |            | Volt Range | Travel Speed Range | Other<br>(e.g. Remarks, Comments, Hot Wire, Addition, Technique, Torch Angle, Etc.) |
|---------------|---------|--------------|-------|-------------|------------|------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|               |         | Class        | Dia.  | Type Polar. | Amp. Range |            |                    |                                                                                     |
| 1             | SMAW    | E6010        | 3/32" | DCEP        | 75-90      | 20-25      |                    |                                                                                     |
| 2             | SMAW    | E7018        | 1/8"  | DCEP        | 90-140     | 20-25      |                    |                                                                                     |
| 3             | FCAW    | E71T1        | 0,045 | DCEP        | 120-200    | 20-30      |                    |                                                                                     |

*Amp and volts range should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc.*

|                                          |                                                                |                  |     |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------|-----|
| Pulsing Current                          | NA                                                             | Heat Input (max) | ANY |
| Tungsten Electrode Size and Type         | NA<br><small>(Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc)</small>        |                  |     |
| Mode of Metal Transfer For GMAW AND FCAW | SPRAY<br><small>(Spray Arc, Short Circuiting Arc, etc)</small> |                  |     |
| Electrode Wire feed speed range (IPM)    | 200-300                                                        |                  |     |
| Other                                    |                                                                |                  |     |

**TECNICA (QW-410)**

|                                            | SMAW                      | FCAW                      |
|--------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| String or weave bead                       | BOTH                      | BOTH                      |
| Orifice, nozzle, or gas cup size.          | NA                        | 1/2"-3/4"                 |
| Initial Cleaning (Brushing, Grinding, etc) | BRUSHING,GRINDING         | BRUSHING,GRINDING         |
| Interpass Cleaning (Brushing, Grinding,    | BRUSHING,GRINDING         | BRUSHING,GRINDING         |
| Method of Back Gouging                     | ARC-AIR,BRUSHING,GRINDING | ARC-AIR,BRUSHING,GRINDING |
| Oscillation                                | NA                        | NA                        |
| Contact Tube to Work Distance              | NA                        | 3/4"-1"                   |
| Multiple or Single Pass (per side)         | SINGLE OR MULTIPLE        | SINGLE OR MULTIPLE        |
| Multiple or Single Electrodes              | SINGLE                    | SINGLE                    |
| Electrode Spacing                          | NA                        | NA                        |
| Peening                                    | NO ALLOWED                | NO ALLOWED                |
| Other <i>thermal processes used</i>        | ALL                       | ALL                       |





QW-483 (BACK )

PQR No. 1SF

**TENSILE TEST (QW-150)**

| Specimen No. | Width (mm) | Thickness (mm) | Area (mm) <sup>2</sup> | Ultimate Total Load (N) | Ultimate Unit Stress (MPa) | Type of Failure & Location |
|--------------|------------|----------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| SF-T1        | 19,65      | 4,60           | 90,39                  | 40760                   | 450.934                    | DUCTILE. BM                |
| SF-T2        | 20,31      | 4,46           | 90.58                  | 44760                   | 494.148                    | DUCTILE. BM                |
|              |            |                |                        |                         |                            |                            |
|              |            |                |                        |                         |                            |                            |

**GUIDED BEND TEST (QW-160)**

| TYPE AND FIGURE No.          | RESULT       |
|------------------------------|--------------|
| SF-DC3 FACE BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| SF-DC4 FACE BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| SF-DR5 ROOT BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| SF-DR6 ROOT BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |

**TOUGHNESS TEST (QW-170)**

| Specimen No. | Notch Location | Specimen Size | Temp. Test | Impact Values |         |      | Drop Weight Break (Y/N) |
|--------------|----------------|---------------|------------|---------------|---------|------|-------------------------|
|              |                |               |            | Ft. Lbs.      | % Shear | Mils |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |

**FILLET WELD TEST (QW-180)**

Result Satisfactory YES  NO  Penetration into Parent Metal YES  NO   
 Macro Results \_\_\_\_\_

**OTHER TEST**


Type of Test \_\_\_\_\_  
 Deposit Analysis \_\_\_\_\_  
 Other \_\_\_\_\_

Welder's name OMAR HERNANDO CELIS CAMARGO C.C 91179540 OC  
 Test Conducted By LABORATORIO ING CIVIL Laboratory Test No. SF

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

DATE 10-02-12 By GABRIEL ORLANDO PORRAS AREVALO

## ANEXO H. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) PROCESO GTAW-SMAW

|  <b>QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS(WPS)</b><br>(See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code) |                                          |                                     |                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Company Name</b>                                                                                                                                                                                                            | INGESOL LATINOAMERICA S.A                | <b>By:</b>                          | YULENNY GUTIÉRREZ-CAROLINA CÁCERES                                   |
| <b>Welding Procedure Specification No.</b>                                                                                                                                                                                     | GTAW-SMAW                                | <b>Revision</b>                     | 0                                                                    |
| <b>Supporting PQR No.(s)</b>                                                                                                                                                                                                   | 1GS                                      | <b>Date</b>                         | 12/12/2011                                                           |
| <b>Welding Process(es)</b>                                                                                                                                                                                                     | GTAW+SMAW                                | <b>Type(s)</b>                      | MANUAL<br><small>(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto.)</small> |
| <b>JOINTS (QW-402)</b>                                                                                                                                                                                                         |                                          | Details                             |                                                                      |
| Joint Design                                                                                                                                                                                                                   | SEE DETAILS                              |                                     |                                                                      |
| Root Spacing                                                                                                                                                                                                                   | SEE DETAILS                              |                                     |                                                                      |
| Backing (Yes)                                                                                                                                                                                                                  | X                                        | (no)                                | X                                                                    |
| Backing Material (Type)                                                                                                                                                                                                        | BASE,WELD/METAL                          |                                     |                                                                      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Metal                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> Nonfusing Metal |                                     |                                                                      |
| <input type="checkbox"/> NonMetallic                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> Other           |                                     |                                                                      |
| Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.          |                                          |                                     |                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                |                                          | Retainers                           | NOT USED                                                             |
| <b>*BASE METALS (QW-403)</b>                                                                                                                                                                                                   |                                          |                                     |                                                                      |
| P-No.                                                                                                                                                                                                                          | 1                                        | Group No.                           | 1,2 to P-No. 1 Group No. 1,2                                         |
| OR                                                                                                                                                                                                                             |                                          |                                     |                                                                      |
| Specification and type/grade or UNS Number                                                                                                                                                                                     |                                          |                                     |                                                                      |
| to Specification and type/grade or UNS Number                                                                                                                                                                                  |                                          |                                     |                                                                      |
| OR                                                                                                                                                                                                                             |                                          |                                     |                                                                      |
| Chem. Analysis and Mech. Prop.                                                                                                                                                                                                 |                                          |                                     |                                                                      |
| to Chem. Analysis and Mech. Prop.                                                                                                                                                                                              |                                          |                                     |                                                                      |
| Thickness Range:                                                                                                                                                                                                               |                                          |                                     |                                                                      |
| Base Metal:                                                                                                                                                                                                                    | Groove                                   | 1/16"                               | to 0.56" Fillet ALL                                                  |
| Maximum Pass Thickness $\leq \frac{1}{2}$                                                                                                                                                                                      | Yes                                      | <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/>                                          |
| Other                                                                                                                                                                                                                          | NONE                                     |                                     |                                                                      |
| <b>*FILLER METALS (QW-404)</b>                                                                                                                                                                                                 |                                          |                                     |                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                | GTAW                                     | SMAW                                |                                                                      |
| Spec. No. (SFA)                                                                                                                                                                                                                | 5,18                                     | 5.1                                 |                                                                      |
| AWS No. (Class)                                                                                                                                                                                                                | ER70S-6                                  | E7018                               |                                                                      |
| F-No.                                                                                                                                                                                                                          | 6                                        | 4                                   |                                                                      |
| A-No.                                                                                                                                                                                                                          | 1                                        | 1                                   |                                                                      |
| Size of Filler Metals                                                                                                                                                                                                          | 3/32"                                    | 1/8"                                |                                                                      |
| Filler Metal Product Form                                                                                                                                                                                                      | SOLID                                    | NA                                  |                                                                      |
| Supplemental Filler Metal                                                                                                                                                                                                      | NONE                                     | NA                                  |                                                                      |
| Weld Metal Thickness Range Groove                                                                                                                                                                                              | 1/4" MAX                                 | 5/15"                               |                                                                      |
| Fillet                                                                                                                                                                                                                         | ALL                                      | ALL                                 |                                                                      |
| Electrode-Flux (Class)                                                                                                                                                                                                         | NA                                       | NA                                  |                                                                      |
| Flux Type                                                                                                                                                                                                                      | NA                                       | NA                                  |                                                                      |
| Flux Trade Name                                                                                                                                                                                                                | NA                                       | NA                                  |                                                                      |
| Consumable Insert                                                                                                                                                                                                              | NONE                                     | NA                                  |                                                                      |
| Other                                                                                                                                                                                                                          | NONE                                     | NONE                                |                                                                      |



**QW-482 (Back)**

WPS No. GTAW-SMAW Rev. 0

|                           |                            |                                         |      |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|------|
| <b>POSITIONS (QW-405)</b> |                            | <b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b> |      |
| Position(s) of Groove     | ALL                        | Temperature Range                       | NONE |
| Welding Progression:      | Up. <u>X</u> Down <u>-</u> | Time Range                              | NA   |
| Position(s) of Fillet     | ALL                        | Other: NONE                             |      |

|                         |             |                     |           |                                 |
|-------------------------|-------------|---------------------|-----------|---------------------------------|
| <b>PREHEAT (QW-406)</b> |             | <b>GAS (QW-408)</b> |           |                                 |
| Preheat Temp. Min.      | 50°F        | Percent Composition |           |                                 |
| Interpass Temp. Max.    | AS WELDEC   | Gas(es)             | (Mixture) | Flow Rate.cfh                   |
| Preheat Maintenance     | NO REQUIRED | Shielding           | Ar        | Tipo comercial <u>15-35 cfh</u> |
|                         |             | Trailing            | NONE      |                                 |
|                         |             | Backing             | NONE      |                                 |


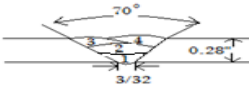
| <b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b> |         |              |       |             |            |            |                    |                                                                                     |
|--------------------------------------------|---------|--------------|-------|-------------|------------|------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Weld Layer(s)                              | Process | Filler Metal |       | Current     |            | Volt Range | Travel Speed Range | Other<br>(e.g. Remarks, Comments, Hot Wire, Addition, Technique, Torch Angle, Etc.) |
|                                            |         | Class        | Dia.  | Type Polar. | Amp. Range |            |                    |                                                                                     |
| 1                                          | GTAW    | ER70S-6      | 3/32" | DCEN        | 90-180     | 10-15      | -                  |                                                                                     |
| 2                                          | GTAW    | ER70S-6      | 3/32" | DCEN        | 90-180     | 10-15      | -                  |                                                                                     |
| 3                                          | SMAW    | E7018        | 1/8"  | DCEP        | 90-140     | 20-25      | -                  |                                                                                     |
| 4                                          | SMAW    | E7018        | 1/8"  | DCEP        | 90-140     | 20-25      | -                  |                                                                                     |

*Amp and volts range should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc.*

|                                       |                                                     |                  |     |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------|-----|
| Pulsing Current                       | NA                                                  | Heat Input (max) | ANY |
| Tungsten Electrode Size and Type      | EWTH-2, 3/32"<br>(Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc) |                  |     |
| Mode of Metal Transfer For GMAW       | NA<br>(Spray Arc, Short Circuiting Arc, etc)        |                  |     |
| Electrode Wire feed speed range (IPM) | NA                                                  |                  |     |
| Other                                 |                                                     |                  |     |

|                                              |                             |                             |  |
|----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <b>TECNICA (QW-410)</b>                      | GTAW                        | GTAW                        |  |
| String or weave bead                         | BOTH                        | BOTH                        |  |
| Orifice, nozzle, or gas cup size.            | 3/8-3/4                     | NA                          |  |
| Initial Cleaning (Brushing, Grinding, etc)   | BRUSHING, GRINDING          | BRUSHING, GRINDING          |  |
| Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc) | BRUSHING, GRINDING          | BRUSHING, GRINDING          |  |
| Method of Back Gouging                       | ARC-AIR, BRUSHING, GRINDING | ARC-AIR, BRUSHING, GRINDING |  |
| Oscillation                                  | NA                          | NA                          |  |
| Contact Tube to Work Distance                | NA                          | NA                          |  |
| Multiple or Single Pass (per side)           | SINGLE OR MULTIPLE          | SINGLE OR MULTIPLE          |  |
| Multiple or Single Electrodes                | SINGLE                      | SINGLE                      |  |
| Electrode Spacing                            | NA                          | NA                          |  |
| Peening                                      | NO ALLOWED                  | NO ALLOWED                  |  |
| Other <i>thermal processes used</i>          | ALL                         | ALL                         |  |

## ANEXO I. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR) PROCESO GTAW-SMAW.

|                                                   |                       | <b>QW-483 SUGGESTED FORMAT FOR PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)</b><br><small>(See QW-200.2, Section IX ASME Boiler and Pressure Vessel Code)</small> |                                                            |                          |                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| <b>Company Name</b>                                                                                                                | INGESOL LATINOAMERICA |                                                                                                                                                            | <b>PQR No.</b>                                             | 1GS                      |                                |
| <b>WPS No.</b>                                                                                                                     | GTAW-SMAW             | <b>Type</b>                                                                                                                                                | Manual<br><small>Manual, Automatic, Semi-Automatic</small> |                          |                                |
| <b>Welding Process(es)</b>                                                                                                         | GTAW+SMAW             |                                                                                                                                                            |                                                            |                          |                                |
| <b>JOINTS (QW-402)</b>                                                                                                             |                       |                                                                                                                                                            |                                                            |                          |                                |
| PASS 1,2 - GTAW<br>PASS 2,3 - SMAW - E7018                                                                                         |                       |                                                                                                                                                            |                                                            |                          |                                |
|  |                       |                                                                                                                                                            |                                                            |                          |                                |
| <b>BASE METALS (QW-403)</b>                                                                                                        |                       |                                                                                                                                                            | <b>POSWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b>                     |                          |                                |
| Material Spec. <u>API 5L</u>                                                                                                       |                       |                                                                                                                                                            | Temperature <u>NONE</u>                                    |                          |                                |
| Type/Grade or UNS Number <u>Grado B</u>                                                                                            |                       |                                                                                                                                                            | Time <u>NA</u>                                             |                          |                                |
| P.No. <u>1 Group 1</u> to P-No. <u>1 Group 1</u>                                                                                   |                       |                                                                                                                                                            | Other <u>NONE</u>                                          |                          |                                |
| Thickness of Test Coupon <u>0,28"</u>                                                                                              |                       |                                                                                                                                                            |                                                            |                          |                                |
| Diameter of Test Coupon <u>6"</u>                                                                                                  |                       |                                                                                                                                                            |                                                            |                          |                                |
| Maximum Pass Thickness <u>5/32"</u>                                                                                                |                       |                                                                                                                                                            |                                                            |                          |                                |
| Other <u>NONE</u>                                                                                                                  |                       |                                                                                                                                                            |                                                            |                          |                                |
| <b>FILLER METALS (QW-404)</b>                                                                                                      |                       |                                                                                                                                                            | <b>GAS (QW-408)</b>                                        |                          |                                |
|                                                                                                                                    | <b>GTAW</b>           | <b>SMAW</b>                                                                                                                                                | <small>Gas(es)</small>                                     | <small>(Mixture)</small> | <small>Flow Rate (CFH)</small> |
| SFA Specification                                                                                                                  | <u>5.18</u>           | <u>5.1</u>                                                                                                                                                 | <u>ARGON</u>                                               | <u>CONMERCIAL</u>        | <u>22</u>                      |
| AWS Classification                                                                                                                 | <u>ER70S-6</u>        | <u>E7018</u>                                                                                                                                               |                                                            |                          |                                |
| Filler Metal F-No.                                                                                                                 | <u>6</u>              | <u>4</u>                                                                                                                                                   |                                                            |                          |                                |
| Weld Metal Analysis A-No.                                                                                                          | <u>1</u>              | <u>1</u>                                                                                                                                                   |                                                            |                          |                                |
| Size of Filler Metal                                                                                                               | <u>3/32"</u>          | <u>1/8"</u>                                                                                                                                                |                                                            |                          |                                |
| Filler Metal Product Form                                                                                                          | <u>SOLID</u>          | <u>NA</u>                                                                                                                                                  |                                                            |                          |                                |
| Supplemental Filler Metal                                                                                                          | <u>NONE</u>           | <u>NA</u>                                                                                                                                                  |                                                            |                          |                                |
| Electrode Flux (Class)                                                                                                             | <u>NA</u>             | <u>NA</u>                                                                                                                                                  |                                                            |                          |                                |
| Flux Type                                                                                                                          | <u>NA</u>             | <u>NA</u>                                                                                                                                                  |                                                            |                          |                                |
| Flux Trade Name                                                                                                                    | <u>NA</u>             | <u>NA</u>                                                                                                                                                  |                                                            |                          |                                |
| Weld Metal Thickness                                                                                                               | <u>1/8"</u>           | <u>5/32"</u>                                                                                                                                               |                                                            |                          |                                |
| Other                                                                                                                              | <u>NONE</u>           | <u>NONE</u>                                                                                                                                                |                                                            |                          |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b>                 |                          |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <small>Current</small>                                     |                          |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <u>DC</u>                                                  | <u>DC</u>                |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <small>Polarity</small>                                    |                          |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <u>EN</u>                                                  | <u>EP</u>                |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <small>Amps.</small>                                       |                          |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <u>100-180</u>                                             | <u>97-140</u>            |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <small>Volts.</small>                                      |                          |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <u>14</u>                                                  | <u>23</u>                |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <small>Tungsten Electrode Size</small>                     |                          |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <u>3/32"</u>                                               | <u>NA</u>                |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <small>Mode or Metal Transfer for GMAW (FCAW)</small>      |                          |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <u>NA</u>                                                  | <u>NA</u>                |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <small>Heat input</small>                                  |                          |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <u>NO RECORDED</u>                                         | <u>NO RECORDED</u>       |                                |
| <b>POSITION (QW-405)</b>                                                                                                           |                       |                                                                                                                                                            | <b>TECHNIQUE (QW-410)</b>                                  |                          |                                |
| Position of Groove <u>6G</u>                                                                                                       |                       |                                                                                                                                                            | <small>Travel Speed (In/M in)</small>                      |                          |                                |
| Weld Progression (Uphill, Downhill) <u>UPHILL</u>                                                                                  |                       |                                                                                                                                                            | <u>ANY</u>                                                 | <u>ANY</u>               |                                |
| Other <u>NONE</u>                                                                                                                  |                       |                                                                                                                                                            | <small>String or weave bead</small>                        |                          |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <u>BOTH</u>                                                | <u>BOTH</u>              |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <small>Oscillation</small>                                 |                          |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <u>NA</u>                                                  | <u>NA</u>                |                                |
| <b>PREHEAT (QW-406)</b>                                                                                                            |                       |                                                                                                                                                            | <small>Multi or Single Pass (per side)</small>             |                          |                                |
| Preheat Temp. <u>100°F</u>                                                                                                         |                       |                                                                                                                                                            | <u>MULTIPLE</u>                                            | <u>MULTIPLE</u>          |                                |
| Interpass Temp. <u>NO RECORDED</u>                                                                                                 |                       |                                                                                                                                                            | <small>Single or Multiple Electrodes</small>               |                          |                                |
| Other <u>NONE</u>                                                                                                                  |                       |                                                                                                                                                            | <u>SINGLE</u>                                              | <u>SINGLE</u>            |                                |
|                                                                                                                                    |                       |                                                                                                                                                            | <u>NONE</u>                                                | <u>NONE</u>              |                                |



QW-483 (BACK)

PQR No. 1GS

**TENSILE TEST (QW-150)**

| Specimen No. | Width (mm) | Thickness (mm) | Area (mm) <sup>2</sup> | Ultimate Total Load (N) | Ultimate Unit Stress (MPa) | Type of Failure & Location |
|--------------|------------|----------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| GS-T1        | 19.45      | 4.05           | 78.773                 | 36746                   | 466.4825923                | DUCTILE. BM                |
| GS-T2        | 19.3       | 3.83           | 73.919                 | 34653                   | 468.7969264                | DUCTILE. BM                |
|              |            |                |                        |                         |                            |                            |
|              |            |                |                        |                         |                            |                            |

**GUIDED BEND TEST (QW-160)**

| TYPE AND FIGURE No.          | RESULT       |
|------------------------------|--------------|
| GS-DC3 FACE BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| GS-DC4 FACE BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| GS-DR5 ROOT BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| GS-DR6 ROOT BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |

**TOUGHNESS TEST (QW-170)**

| Specimen No. | Notch Location | Specimen Size | Temp. Test | Impact Values |         |      | Drop Weight Break (Y/N) |
|--------------|----------------|---------------|------------|---------------|---------|------|-------------------------|
|              |                |               |            | Ft. Lbs.      | % Shear | Mils |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |

**FILLET WELD TEST (QW-180)**

Result Satisfactory YES  NO  Penetration into Parent Metal YES  NO   
 Macro Results \_\_\_\_\_

**OTHER TEST**


Type of Test \_\_\_\_\_  
 Deposit Analysis \_\_\_\_\_  
 Other \_\_\_\_\_

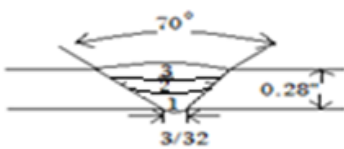
Welder's name OMAR HERNANDO CELIS CAMARGO C.C 91179540 Stamp OC  
 Test Conducted By LABORATORIO ING CIVIL UIS Laboratory Test No. SG

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

DATE 10-02-12 By GABRIEL ORLANDO PORRAS AREVALO

## ANEXO J. ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) PROCESO GTAW-FCAW

|  <b>QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS(WPS)</b><br>(See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code) |                                          |                                        |                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Company Name</b>                                                                                                                                                                                                            | INGESOL LATINOAMERICA S.A                | <b>By:</b>                             | YULENNY GUTIÉRREZ-CAROLINA CÁCERES                                                  |
| <b>Welding Procedure Specification No.</b>                                                                                                                                                                                     | GTAW-FCAW                                | <b>Revision</b>                        | 0                                                                                   |
| <b>Supporting PQR No.(s)</b>                                                                                                                                                                                                   | 1GF                                      | <b>Date</b>                            | 12/12/2011                                                                          |
| <b>Welding Process(es)</b>                                                                                                                                                                                                     | GTAW+FCAW                                | <b>Type(s)</b>                         | MANUAL+SEMIAUTOMATICO<br><small>(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto.)</small> |
| <b>JOINTS (QW-402)</b>                                                                                                                                                                                                         |                                          | Details                                |                                                                                     |
| Joint Design                                                                                                                                                                                                                   | SEE DETAILS                              |                                        |                                                                                     |
| Root Spacing                                                                                                                                                                                                                   | SEE DETAILS                              |                                        |                                                                                     |
| Backing (Yes)                                                                                                                                                                                                                  | <input checked="" type="checkbox"/> X    | (no)                                   | <input checked="" type="checkbox"/> X                                               |
| Backing Material (Type)                                                                                                                                                                                                        | BASE,WELD/METAL                          |                                        |                                                                                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> Metal                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> Nonfusing Metal |                                        |                                                                                     |
| <input type="checkbox"/> NonMetallic                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> Other           |                                        |                                                                                     |
| Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.          |                                          |                                        |                                                                                     |
| Retainers                                                                                                                                                                                                                      |                                          | NOT USED                               |                                                                                     |
| <b>*BASE METALS (QW-403)</b>                                                                                                                                                                                                   |                                          |                                        |                                                                                     |
| P-No.                                                                                                                                                                                                                          | 1                                        | Group No.                              | 1,2 to P-No. 1 Group No. 1.2                                                        |
| OR                                                                                                                                                                                                                             |                                          |                                        |                                                                                     |
| Specification and type/grade or UNS Number                                                                                                                                                                                     |                                          |                                        |                                                                                     |
| to Specification and type/grade or UNS Number                                                                                                                                                                                  |                                          |                                        |                                                                                     |
| OR                                                                                                                                                                                                                             |                                          |                                        |                                                                                     |
| Chem. Analysis and Mech. Prop.                                                                                                                                                                                                 |                                          |                                        |                                                                                     |
| to Chem. Analysis and Mech. Prop.                                                                                                                                                                                              |                                          |                                        |                                                                                     |
| Thickness Range:                                                                                                                                                                                                               |                                          |                                        |                                                                                     |
| Base Metal:                                                                                                                                                                                                                    | Groove                                   | 1/16"                                  | to 0,56" Fillet ALL                                                                 |
| Maximum Pass Thickness $\leq \frac{1}{2}$ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>                                                                                                                  |                                          |                                        |                                                                                     |
| Other NONE                                                                                                                                                                                                                     |                                          |                                        |                                                                                     |
| <b>*FILLER METALS (QW-404)</b>                                                                                                                                                                                                 |                                          |                                        |                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                | GTAW                                     | FCAW                                   |                                                                                     |
| Spec. No. (SFA)                                                                                                                                                                                                                | 5,18                                     | 5.20                                   |                                                                                     |
| AWS No. (Class)                                                                                                                                                                                                                | ER70S-6                                  | E71T-1C                                |                                                                                     |
| F-No.                                                                                                                                                                                                                          | 6                                        | 6                                      |                                                                                     |
| A-No.                                                                                                                                                                                                                          | 1                                        | 1                                      |                                                                                     |
| Size of Filler Metals                                                                                                                                                                                                          | 3/32"                                    | 0,045"                                 |                                                                                     |
| Filler Metal Product Form                                                                                                                                                                                                      | SOLID                                    | FLUX-CORED                             |                                                                                     |
| Supplemental Filler Metal                                                                                                                                                                                                      | NONE                                     | NO ALLOWED                             |                                                                                     |
| Weld Metal Thickness Range Groove                                                                                                                                                                                              | 1/4" MAX                                 | 3/16" MAX                              |                                                                                     |
| Fillet                                                                                                                                                                                                                         | ALL                                      | ALL                                    |                                                                                     |
| Electrode-Flux (Class)                                                                                                                                                                                                         | NA                                       | NA                                     |                                                                                     |
| Flux Type                                                                                                                                                                                                                      | NA                                       | NA                                     |                                                                                     |
| Flux Trade Name                                                                                                                                                                                                                | NA                                       | NA                                     |                                                                                     |
| Consumable Insert                                                                                                                                                                                                              | NONE                                     | NA                                     |                                                                                     |
| Other                                                                                                                                                                                                                          | NONE                                     | NO ALLOWED SUPPLEMENTAL ALLOY ELEMENTS |                                                                                     |





**QW-482 (Back)**

WPS No. GTAW-FCAW Rev. 0

|                           |                                                                         |                                         |      |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------|
| <b>POSITIONS (QW-405)</b> |                                                                         | <b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b> |      |
| Position(s) of Groove     | ALL                                                                     | Temperature Range                       | NONE |
| Welding Progression:      | Up. <input checked="" type="checkbox"/> Down <input type="checkbox"/> - | Time Range                              | NA   |
| Position(s) of Fillet     | ALL                                                                     | Other: NONE                             |      |

|                         |             |                     |           |                  |
|-------------------------|-------------|---------------------|-----------|------------------|
| <b>PREHEAT (QW-406)</b> |             | <b>GAS (QW-408)</b> |           |                  |
| Preheat Temp. Min.      | 50°F        | Percent Composition |           |                  |
| Interpass Temp. Max.    | AS WELDED   | Gas(es)             | (Mixture) | Flow Rate.cfh    |
| Preheat Maintenance     | NO REQUIRED | Shielding           | Ar        | CONMERCIAL 15-35 |
|                         |             | Shielding           | CO2       | CONMERCIAL 20-50 |
|                         |             | Trailing            | NONE      |                  |
|                         |             | Backing             | NONE      |                  |

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)**


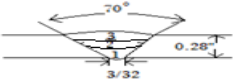
| Weld Layer(s) | Process | Filler Metal |       | Current     |            | Volt Range | Travel Speed Range | Other<br>(e.g. Remarks, Comments, Hot Wire, Addition, Technique, Torch Angle, Etc.) |
|---------------|---------|--------------|-------|-------------|------------|------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|               |         | Class        | Dia.  | Type Polar. | Amp. Range |            |                    |                                                                                     |
| 1             | GTAW    | ER70S-6      | 3/32" | DCEN        | 90-180     | 10-15      | -                  |                                                                                     |
| 2             | GTAW    | ER70S-6      | 3/32" | DCEN        | 90-180     | 10-15      | -                  |                                                                                     |
| 3             | FCAW    | E71T-1C      | 0,045 | DCEP        | 120-200    | 20-30      |                    |                                                                                     |

*Amp and volts range should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc.*

|                                          |                                                                   |                  |     |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------|-----|
| Pulsing Current                          | NA                                                                | Heat Input (max) | ANY |
| Tungsten Electrode Size and Type         | EWTH-2, 3/32<br><small>(Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc)</small> |                  |     |
| Mode of Metal Transfer For GMAW AND FCAW | SPRAY<br><small>(Spray Arc, Short Circuiting Arc, etc)</small>    |                  |     |
| Electrode Wire feed speed range (IPM)    | 200-300                                                           |                  |     |
| Other                                    |                                                                   |                  |     |

|                                              |                             |                             |  |
|----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <b>TECNICA (QW-410)</b>                      | GTAW                        | FCAW                        |  |
| String or weave bead                         | BOTH                        | BOTH                        |  |
| Orifice, nozzle, or gas cup size.            | 3/8-3/4                     | 1/2"-3/4"                   |  |
| Initial Cleaning (Brushing, Grinding, etc)   | BRUSHING, GRINDING          | BRUSHING, GRINDING          |  |
| Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc) | BRUSHING, GRINDING          | BRUSHING, GRINDING          |  |
| Method of Back Gouging                       | ARC-AIR, BRUSHING, GRINDING | ARC-AIR, BRUSHING, GRINDING |  |
| Oscillation                                  | NA                          | NA                          |  |
| Contact Tube to Work Distance                | NA                          | 3/4"-1"                     |  |
| Multiple or Single Pass (per side)           | SINGLE OR MULTIPLE          | SINGLE OR MULTIPLE          |  |
| Multiple or Single Electrodes                | SINGLE                      | SINGLE                      |  |
| Electrode Spacing                            | NA                          | NA                          |  |
| Peening                                      | NO ALLOWED                  | NO ALLOWED                  |  |
| Other <i>thermal processes used</i>          | ALL                         | ALL                         |  |

## ANEXO K. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR) PROCESO GTAW-FCAW.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             | <b>QW-483 SUGGESTED FORMAT FOR PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------|------|------------------------|--------------------|---------|----------------------|--------------------|------|-------------|---------------------------|-----|---------------------------------|----------------------|--------|-------------------------------|---------------------------|--------|----------------------------------------|---------------------------|-------|--------------|------------------------|-------------|----|-----------|----|----|-----------------|----|----|----------------------|------|-------|-------|------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|---------|-----------|-----------------|-----------|----------|------------|----|-----------|---------|------------|----|----------|----|--|--|---------|----|--|--|-------|------|--|--|
| (See QW-200.2, Section IX ASME Boiler and Pressure Vessel Code)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| <b>Company Name</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             | INGESOL LATINOAMERICA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>PQR No.</b> 1GF                                                           |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| <b>WPS No.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | GTAW-FCAW   | <b>Type</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Manual-Semiam automatico<br><small>Manual, Automatic, Semi-Automatic</small> |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| <b>Welding Process(es)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             | GTAW+FCAW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| <b>JOINTS (QW-402)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| PASS 1,2 - GTAW<br>PASS 3 - FCAW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| <b>BASE METALS (QW-403)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             | <b>POSWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Material Spec. API 5L<br>Type/Grade or UNS Number Grado B<br>P.No. 1 Group 1 to P.No. 1 Group 1<br>Thickness of Test Coupon 0,28"<br>Diameter of Test Coupon 5/8" OD<br>Maximum Pass Thickness 5/32"<br>Other NONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             | Temperature NONE<br>Time NA<br>Other NONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| <b>FILLER METALS (QW-404)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             | <b>GAS (QW-408)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">GTAW</th> <th style="text-align: center;">FCAW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>SFA Specification</td><td style="text-align: center;">5.18</td><td style="text-align: center;">5.20</td></tr> <tr><td>AWS Classification</td><td style="text-align: center;">ER-70S6</td><td style="text-align: center;">E71T-1C</td></tr> <tr><td>Filler Metal F-No.</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">6</td></tr> <tr><td>Weld Metal Analysis A-No.</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td>Size of Filler Metal</td><td style="text-align: center;">3/32"</td><td style="text-align: center;">0.045"</td></tr> <tr><td>Filler Metal Product Form</td><td style="text-align: center;">SOLID</td><td style="text-align: center;">FLUX-CORED</td></tr> <tr><td>Supplemental Filler Metal</td><td style="text-align: center;">NONE</td><td style="text-align: center;">NO PERMITTED</td></tr> <tr><td>Electrode Flux (Class)</td><td style="text-align: center;">NA</td><td style="text-align: center;">NA</td></tr> <tr><td>Flux Type</td><td style="text-align: center;">NA</td><td style="text-align: center;">NA</td></tr> <tr><td>Flux Trade Name</td><td style="text-align: center;">NA</td><td style="text-align: center;">NA</td></tr> <tr><td>Weld Metal Thickness</td><td style="text-align: center;">1/8"</td><td style="text-align: center;">5/32"</td></tr> <tr><td>Other</td><td style="text-align: center;">NONE</td><td style="text-align: center;">NONE</td></tr> </tbody> </table> |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | GTAW                                                                         | FCAW | SFA Specification | 5.18 | 5.20                   | AWS Classification | ER-70S6 | E71T-1C              | Filler Metal F-No. | 6    | 6           | Weld Metal Analysis A-No. | 1   | 1                               | Size of Filler Metal | 3/32"  | 0.045"                        | Filler Metal Product Form | SOLID  | FLUX-CORED                             | Supplemental Filler Metal | NONE  | NO PERMITTED | Electrode Flux (Class) | NA          | NA | Flux Type | NA | NA | Flux Trade Name | NA | NA | Weld Metal Thickness | 1/8" | 5/32" | Other | NONE | NONE | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Gas(es)</th> <th style="text-align: center;">(Mixture)</th> <th style="text-align: center;">Flow Rate (CFH)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Shielding</td><td style="text-align: center;">CO2-FCAW</td><td style="text-align: center;">COMMERCIAL</td><td style="text-align: center;">45</td></tr> <tr><td>Shielding</td><td style="text-align: center;">AR-GTAW</td><td style="text-align: center;">COMMERCIAL</td><td style="text-align: center;">22</td></tr> <tr><td>Trailing</td><td style="text-align: center;">NA</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Backing</td><td style="text-align: center;">NA</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Other</td><td colspan="3" style="text-align: center;">NONE</td></tr> </tbody> </table> |  |  | Gas(es) | (Mixture) | Flow Rate (CFH) | Shielding | CO2-FCAW | COMMERCIAL | 45 | Shielding | AR-GTAW | COMMERCIAL | 22 | Trailing | NA |  |  | Backing | NA |  |  | Other | NONE |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | GTAW        | FCAW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| SFA Specification                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 5.18        | 5.20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| AWS Classification                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ER-70S6     | E71T-1C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Filler Metal F-No.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 6           | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Weld Metal Analysis A-No.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1           | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Size of Filler Metal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3/32"       | 0.045"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Filler Metal Product Form                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | SOLID       | FLUX-CORED                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Supplemental Filler Metal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | NONE        | NO PERMITTED                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Electrode Flux (Class)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | NA          | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Flux Type                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | NA          | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Flux Trade Name                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | NA          | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Weld Metal Thickness                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1/8"        | 5/32"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Other                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | NONE        | NONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Gas(es)     | (Mixture)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Flow Rate (CFH)                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Shielding                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | CO2-FCAW    | COMMERCIAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 45                                                                           |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Shielding                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | AR-GTAW     | COMMERCIAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 22                                                                           |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Trailing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | NA          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Backing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | NA          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Other                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | NONE        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| <b>POSITION (QW-405)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             | <b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Position of Groove 6G<br>Weld Progresion (Uphill, Downhill) UPHILL<br>Other NONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">GTAW</th> <th style="text-align: center;">FCAW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Current</td><td style="text-align: center;">DC</td><td style="text-align: center;">DC</td></tr> <tr><td>Polarity</td><td style="text-align: center;">EN</td><td style="text-align: center;">EP</td></tr> <tr><td>Amps.</td><td style="text-align: center;">150</td><td style="text-align: center;">170</td></tr> <tr><td>Volts.</td><td style="text-align: center;">14</td><td style="text-align: center;">23</td></tr> <tr><td>Tungsten Electrode Size</td><td style="text-align: center;">3/32"</td><td style="text-align: center;">NA</td></tr> <tr><td>Mode or Metal Transfer for GMAW (FCAW)</td><td style="text-align: center;">NA</td><td style="text-align: center;">SPRAY</td></tr> <tr><td>Heat input</td><td style="text-align: center;">NO RECORDED</td><td style="text-align: center;">NO RECORDED</td></tr> </tbody> </table> |                                                                              |      | GTAW              | FCAW | Current                | DC                 | DC      | Polarity             | EN                 | EP   | Amps.       | 150                       | 170 | Volts.                          | 14                   | 23     | Tungsten Electrode Size       | 3/32"                     | NA     | Mode or Metal Transfer for GMAW (FCAW) | NA                        | SPRAY | Heat input   | NO RECORDED            | NO RECORDED |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | GTAW        | FCAW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Current                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | DC          | DC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Polarity                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | EN          | EP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Amps.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 150         | 170                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Volts.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 14          | 23                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Tungsten Electrode Size                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3/32"       | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Mode or Metal Transfer for GMAW (FCAW)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | NA          | SPRAY                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Heat input                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | NO RECORDED | NO RECORDED                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| <b>PREHEAT (QW-406)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             | <b>TECHNIQUE (QW-410)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Preheat Temp. 100°F<br>Interpass Temp. NO RECORDED<br>Other NONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">GTAW</th> <th style="text-align: center;">FCAW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Travel Speed (In/M in)</td><td style="text-align: center;">ANY</td><td style="text-align: center;">ANY</td></tr> <tr><td>String or weave bead</td><td style="text-align: center;">BOTH</td><td style="text-align: center;">BOTH</td></tr> <tr><td>Oscillation</td><td style="text-align: center;">NA</td><td style="text-align: center;">NA</td></tr> <tr><td>Multi or Single Pass (per side)</td><td style="text-align: center;">MULTIPLE</td><td style="text-align: center;">SINGLE</td></tr> <tr><td>Single or Multiple Electrodes</td><td style="text-align: center;">SINGLE</td><td style="text-align: center;">SINGLE</td></tr> <tr><td>Other</td><td style="text-align: center;">NONE</td><td style="text-align: center;">NONE</td></tr> </tbody> </table>                                                                           |                                                                              |      | GTAW              | FCAW | Travel Speed (In/M in) | ANY                | ANY     | String or weave bead | BOTH               | BOTH | Oscillation | NA                        | NA  | Multi or Single Pass (per side) | MULTIPLE             | SINGLE | Single or Multiple Electrodes | SINGLE                    | SINGLE | Other                                  | NONE                      | NONE  |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | GTAW        | FCAW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Travel Speed (In/M in)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ANY         | ANY                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| String or weave bead                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | BOTH        | BOTH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Oscillation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | NA          | NA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Multi or Single Pass (per side)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | MULTIPLE    | SINGLE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Single or Multiple Electrodes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | SINGLE      | SINGLE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |
| Other                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | NONE        | NONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |                   |      |                        |                    |         |                      |                    |      |             |                           |     |                                 |                      |        |                               |                           |        |                                        |                           |       |              |                        |             |    |           |    |    |                 |    |    |                      |      |       |       |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |         |           |                 |           |          |            |    |           |         |            |    |          |    |  |  |         |    |  |  |       |      |  |  |



QW-483 (BACK )

PQR No. 1GF

TENSILE TEST (QW-150)

| Specimen No. | Width (mm) | Thickness (mm) | Area (mm) <sup>2</sup> | Ultimate Total Load (N) | Ultimate Unit Stress (Mpa) | Type of Failure & Location |
|--------------|------------|----------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| GF-T1        | 19.32      | 3.04           | 58.733                 | 28568                   | 486.406                    | DUCTILE. BM                |
| GF-T2        | 19.79      | 4.02           | 79.556                 | 38836                   | 488.161                    | DUCTILE. BM                |
|              |            |                |                        |                         |                            |                            |
|              |            |                |                        |                         |                            |                            |

GUIDED BEND TEST (QW-160)

| TYPE AND FIGURE No.          | RESULT       |
|------------------------------|--------------|
| GF-DC3 FACE BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| GF-DC4 FACE BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| GF-DR5 ROOT BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |
| GF-DR6 ROOT BEND QW 462.3(a) | SATISFACTORY |

TOUGHNESS TEST (QW-170)

| Specimen No. | Notch Location | Specimen Size | Temp. Test | Impact Values |         |      | Drop Weight Break (Y/N) |
|--------------|----------------|---------------|------------|---------------|---------|------|-------------------------|
|              |                |               |            | Ft. Lbs.      | % Shear | Mils |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |
|              |                |               |            |               |         |      |                         |

FILLET WELD TEST (QW-180)

Result Satisfactory YES  NO  Penetration into Parent Metal YES  NO   
 Macro Results \_\_\_\_\_

OTHER TEST

Type of Test \_\_\_\_\_  
 Deposit Analysis \_\_\_\_\_  
 Other \_\_\_\_\_

Welder's name OMAR HERNANDO CELIS CAMARGO C.C 91179540 Stamp OC  
 Test Conducted By LABORATORIO ING CIVIL UIS Laboratory Test No. GF

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

DATE 10-02-12 By GABRIEL ORLANDO PORRAS AREVALO