

Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Ingeniería.  
Escuela de Ingeniería Mecánica.

**CALIFICACIÓN DE UN PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA PARA  
TUBERÍAS DE ACERO AL CROMO-MOLIBDENO (9Cr-1Mo).**

Anteproyecto de trabajo especial  
Presentado por el bachiller:  
SUÁREZ C., CARLOS M.  
Para optar al título de:  
Ingeniero Mecánico.  
Tutor académico:  
Ing. Ignoto, Vicente.  
Tutor Industrial:  
Ing. Rengifo, Rafael.

Junio de 2002

## **1.-MOTIVACIÓN:**

Actualmente la contaminación mundial nos esta llevando a la destrucción no solo de los hábitats de numerosas especies sino también de los nuestros. Un sector industrial que ha contribuido ampliamente con esta contaminación es el petroquímico, dado que una simple falla de un equipo puede causar un amplio daño en pocos momentos.

Es por esto que la gran mayoría de las empresas Químicas, Petroquímicas y Petroleras han basado sus principios en la alta seguridad, confiabilidad operacional e integridad mecánica.

Las líneas de tuberías involucran un elevado porcentaje de los trabajos de fabricación, reparación y modificación, en los cuales una falla podría provocar desde una simple incomodidad laboral hasta problemas con la integridad humana, daños ambientales o perdidas de producción.

Dado esto, pretendo estandarizar lo mas posible las Especificaciones de Procedimientos de Soldaduras (EPS) de las tuberías de Acero al Cromo- Molibdeno, las cuales presenta la mayor dificultad de soldar entre las líneas de uso común en las plantas químicas y petroquímicas, requiriendo de mucho tiempo de preparación para las reparaciones, modificaciones o incluso pequeños proyectos.

Todo esto con el fin de obtener líneas con alta confiabilidad operacional, optimizando las gestiones de AC/CC (Aseguramiento de Calidad / Control de Calidad), QA/QC por sus siglas en ingles.

## **2.-TEMA:**

### **2.1-ANTECEDENTES:**

Las tuberías de Acero al Cromo-Molibdeno son utilizadas en la industria Química y Petroquímica principalmente para el transporte de hidrocarburos y fluidos de procesos altamente corrosivos, a bajas presiones y a temperaturas moderadas; dado sus costos y su durabilidad son altamente confiables para esta utilización, pero presentan un grave problema, su soldabilidad es sumamente reducida y se requiere de gran preparación del soldador y de un procedimiento altamente confiable, y por supuesto calificado, para asegurar una buena operatividad y calidad del sistema.

Dado que son utilizadas para transportar fluidos contaminantes, se debe exigir y buscar una calidad óptima, es por esto y por su elevado costo que se ha buscado la forma de obtener un procedimiento sencillo, económico y confiable para estas tuberías.

Gran cantidad de Empresas, contratistas y personas del medio han diseñado y estandarizado las Especificaciones de Procedimientos de Soldadura, tanto que hasta se ha creado la Sección IX de las normas ASME, indicando de manera práctica como se debe realizar un EPS.

Entre otras empresas, contratistas y personas del medio encontramos:

PETROZUATA-UPGRADER (1.999), "UPGRADER INSPECTON TEAM, MASTER WPS's": el equipo de Inspección del Complejo de Mejoramiento de Crudo de PETROZUATA, C.A., valiéndose de la norma ASME Sección IX y de experiencias anteriores, diseñó ciertos EPS's de tuberías de Acero al Carbono (A 53 y A 36) y de Acero Inoxidable (317L), tuberías de mayor utilización dentro de sus instalaciones.

CONTRINA (1.999), "MINIMUM NDE AND PWHT REQUIREMENT": Tabularon el porcentaje de Rayos X necesario para la inspección de uniones soldadas y el Tratamiento Térmico solicitado para las tuberías industriales por ellos fabricadas. Logrando de esta forma un mecanismo rápido y efectivo de determinar cuales parámetros hay que controlar a la hora de la soldadura.

CONOCO (2.000), "WELD EXAMINATION- FERROUS PIPE ASSEMBLIES": Clasificaron los mecanismos de inspección de soldaduras según el material y el fluido con que trabajará la línea. Tabulando un sistema que involucra tanto las variables a controlar propias de la soldadura como las del fluido de trabajo, según su peligrosidad, corrosividad, presión y temperatura de trabajo e involucrando las condiciones a las que estará sometida la tubería.

BENZO Y CAPODICASA (1.995), "CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA TUBO/TUBO USADOS EN CALDERAS": Realizaron la calificación de cinco procedimientos de soldadura en tuberías para calderas de la C.A. ELECTRICIDAD DE CARACAS, dos para tuberías de Acero al Carbono uno para una tubería de Acero al

Carbono-Molibdeno y las restantes para tuberías de Acero al Cromo-Molibdeno, realizando todas las pruebas pertinentes al caso.

## *2.2-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:*

Actualmente se pierde valioso tiempo en el diseño, realización e inspección de las uniones soldadas de tuberías, especialmente en las de Acero Aleados al Cromo- Molibdeno dado su baja soldabilidad, esto se debe a que no existe un documento que especifique con suficiente detalle una manera estandarizada de manejar las especificaciones de procedimientos de soldadura (EPS).

Debido a esto se busca diseñar y calificar los EPS's ideales para estos sistemas de tuberías, indicando todas las variables para la realización de la soldadura y los mecanismos o pruebas de inspección pertinentes para cada caso, estandarizando de esta forma, los niveles de aceptación y parámetros de criticidad apropiados; para grandes grupos metalúrgicamente afines y con niveles de criticidad y mecanismos de degradación comparables.

Al calificar un EPS se logra también calificar al soldador, obteniéndose dos grandes beneficios con un solo trabajo.

### **3.-OBJETIVOS Y ALCANCES:**

#### **3.1.-OBJETIVOS:**

##### **3.1.1-OBJETIVO GENERAL:**

Calificar un Procedimiento Específico de Soldadura, con soldadura a tope, para una tubería de Acero Aleados al Cromo-Molibdeno SA335 Clasificación ASTM P-N°5B, G-N°1, para garantizar la calidad y eficiencia de actividades de mantenimiento correctivo, cambios y ampliaciones; a la vez de tomar provisiones sobre la integridad mecánica de las uniones soldadas frente a los mecanismos de degradación propios del servicio.

##### **3.1.2-OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Determinación de los ensayos no destructivos requeridos para asegurar la calidad de uniones soldadas según los códigos de diseño y construcción aplicables.
- Calificación de Procedimiento de Soldadura (CPS) para la tubería de Acero al Cromo-Molibdeno del tipo 9Cr-1Mo, comprendidas entre 3 y 24 pulgadas de diámetro con espesores STD, cuyas condiciones de diseño son Presión Máxima de 150psi y Temperatura Máxima de 800°F.

#### **3.2.-RECURSOS DISPONIBLES:**

- Biblioteca de información específica de PETROZUATA UPGRADE.
- Bibliotecas de las Escuelas de Ingeniería Mecánica y Metalúrgica de la Universidad Central de Venezuela.
- Apoyo y colaboración del personal Petrozuata involucrado.
- Apoyo y colaboración de profesores y compañeros de la Universidad Central de Venezuela.
- Material requerido para la realización de las uniones soldadas.
- Preparación tanto de las uniones soldadas como de las probetas.
- Equipos y resultados de los ensayos destructivos y no destructivos requeridos para la calificación de cada procedimiento.

#### **3.3-ALCANCES:**

- Elaborar un EPS necesario para que abarque el total de los diámetros de las tuberías.
- Elaborar el número necesario de probetas y pruebas a realizar para calificar el EPS.
- Obtener la Calificación de Procedimiento de Soldadura (CPS), la Calificación del Desempeño del Soldador (CDS) y los Registros de Calificación de Procedimiento (RCP) del EPS.

#### 4.-PLANIFICACIÓN:

##### 4.1.-ACTIVIDADES:

- Revisar mecanismos de degradación por servicio.
- Revisar defectos de soldadura según metalurgia y su relación con los mecanismos de degradación.
- Revisión del “Inventario de análisis de fallas” ocurridas en uniones soldadas en el complejo.
- Determinación de los requerimientos mecánicos y metalúrgicos.
- Determinación del diámetro que logre abarcar el total de las tuberías.
- Elaboración del EPS (Especificación del procedimiento de soldadura).
- Pre-elaboración del CPS (Calificación de Procedimiento de Soldadura), CDS (Calificación del Desempeño del Soldador) y el RCP (Registros de Calificación de Procedimientos).
- Elaboración de notificaciones para fabricación de probetas, soldadura y ensayos no destructivos y destructivos.
- Completación de CDS y RCP.

##### 4.2.-CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

ACTIVIDAD	DURACIÓN (Días)	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5	SEM. 6	SEM. 7	SEM. 8	SEM. 9	SEM. 10	SEM. 11	SEM. 12	SEM. 13	SEM. 14	SEM. 15	SEM. 16
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	<b>80</b>																
<i>MECANISMOS DE DEGRADACIÓN</i>	25																
Rev. Mecanismos de degradación por servicio.	5																
Rev. Defectos de soldadura.	5																
Rev. Inventario de Análisis de Fallas.	5																
Determinar Requerimientos Mecánicos.	5																
Determinar Requerimientos Metalúrgicos.	5																
<i>ELABORACIÓN Y CALIFICACIÓN DE EPS Y RCP</i>	45																
Det. El Diámetro que abarque el total de los tuberías.	5																
Elaboración del EPS.	15																
Pre-elaboración de CPS, CDS y RCP.	15																
Elaboración de notificaciones.	10																
<i>APROBACIÓN</i>	10																
Completación de CDS y RCP.	10																

## **5.-BIBLIOGRAFÍA:**

- Código ASME. Edición 1998, Boiler & Pressure Vessel. Sección IX, “Welding and Brazing Qualifications”.
- Código ASME. Edición, 1996, Process Piping. Sección “B31.1”.
- Código API. Tercera edición, Abril de 1991, Recommended Practice. Sección 1107 “Pipeline Maintenance Welding Practices”.
- Código API. Primera edición, Junio de 1993, Piping Inspection Code. Sección 570, “Inspection, Repair, Alteration and Rerating Of In-Service Piping Systems”.
- Código VEHOP (Venezuelan Extra Heavy Oil Project), Primera Edición, Diciembre de 1996, Engineering Practice. Sección VH-221, “Piping Materials”.
- RAMÍREZ, Tulio. Quinta Edición, 1.999. “Como hacer un proyecto de Investigación”. Editorial Panapo, Caracas.
- Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, Consejo de Escuela. 1.997. “Instructivo para elaborar el Anteproyecto de Trabajo Especial”. Caracas.