

**PROPUESTA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE SOLDADURA DEL ÁREA
DE CONFECCIÓN DE AROS DE LA EMPRESA IKOR PUNTARENAS S. A.
CM 4300 - PRÁCTICA DIRIGIDA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
EN MATERIALES CON EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESTUDIANTE: FRANCINI ZÚÑIGA LUNA
PROFESOR GUÍA: JOSÉ ALBERTO RAMÍREZ
CARTAGO, DICIEMBRE 2016**

RESUMEN:

Este proyecto fue realizado en la empresa IKOR Puntarenas S.A., localizada en la zona Franca de Puntarenas, Costa Rica. El trabajo consistió en realizar una propuesta de mejora para optimizar el área de confección de aros de la empresa. El objetivo del estudio fue proponer una mejora al proceso de soldadura para obtener una unión soldada, libre de poros, grietas, rebabas, concavidades excesivas y mejor aspecto de la unión.

En el análisis del proceso de soldadura actual se pudo encontrar que la falta de protección en la junta causa ignición de la corrosión en ambientes salinos, la alta corriente utilizada al soldar causa el estrechamiento de la unión y por último, el enfriamiento de las piezas en agua provoca una fragilización de la soldadura.

Es importante recalcar, que los resultados fueron también afectados por la habilidad y el conocimiento técnico de los operadores. Además, el área de soldadura carece de instalaciones adecuadas y herramientas que simplifiquen y mejoren la labor de los operarios. Se recomienda equipar el área de soldadura para este proceso y considerar una capacitación para los operarios. Por tanto, se puede concluir que la propuesta de solución debe implementarse en su totalidad para lograr la unión deseada.

PALABRAS CLAVES: soldadura, calidad, protección.

ABSTRACT:

This project was carried out at the company IKOR Puntarenas S.A., located in the Zona Franca in the area of Puntarenas, Costa Rica. The work consisted in making a proposal of improvement to optimize the area of ring manufacturing of the company. The objective of the study was to propose an improvement to the welding process to obtain a welded joint, free of pores, cracks, burrs, excessive concavities and a better union appearance.

In the analysis of the current welding process, it was found that the lack of protection in the joint causes ignition of corrosion in saline environments, the high current used to weld causes a narrowing of the joint and, finally, water causes embrittlement of the weld.

It is also important to emphasize that the results were also affected by the skill and technical knowledge of the operators. In addition, the welding area lacks of adequate facilities and tools that simplify and improve the work of the operators. Therefore, it is recommended to equip the welding area for this process and to consider training for workers. Therefore, it can be concluded that the proposed solution must be fully implemented to achieve a welded joint, free of pores, cracks, burrs, excessive concavities and with better appearance.

KEYWORDS: welding, quality, protection.

I. INTRODUCCIÓN

Este informe se realiza como parte de la Práctica Dirigida para optar por el título de Ingeniero en Materiales con el grado académico de Bachiller. Por lo cual, se realiza una pasantía en la empresa IKOR Puntarenas S.A., con el fin de investigar el actual proceso de soldadura implementado en el área de confección de aros de la compañía.

A. Justificación

Este estudio se realiza en el sentido de la mejora del proceso de soldadura del área de confección de aros. La principal problemática del proceso de soldadura es debido a que las decisiones tomadas con respecto al método de soldadura y de inspección no han sido fundamentadas en conceptos. Es necesario llevar la producción de esta área de la mano con la calidad necesaria del producto para que la empresa pueda seguir sus manteniendo sus estándares.

B. Objetivo General

Proponer una mejora al proceso de soldadura en el área de confección de aros de la empresa IKOR Puntarenas S.A., para obtener una unión soldada, libre de poros, grietas, rebabas, concavidades excesivas y mejor aspecto de la unión.

C. Objetivos Específicos

- Analizar las características del proceso de soldadura, en el área de confección de aros, de la empresa IKOR Puntarenas S.A., respecto a su calidad.
- Identificar los parámetros del proceso de soldadura, al confeccionar aros, en la empresa IKOR Puntarenas S.A.
- Plantear una mejora al proceso de soldadura en la empresa IKOR Puntarenas S.A., con el fin de obtener una soldadura de mayor calidad con una buena productividad.

D. Marco Teórico

1. Conceptos de soldadura

La AWS en su código A3.0 (2010), define que la soldadura es un proceso por el cual se unen materiales mediante la fusión de la estructura de estos que se sueldan al alcanzar la temperatura de soldadura de los mismos, además puede que se

utilice presión y material de aporte, esto depende del método a utilizar.

“El proceso (GTAW) consiste en una fuente de energía conectada a la antorcha, capaz de proporcionar la tensión y la corriente necesaria para el establecimiento de un arco voltaico, a través de un electrodo no consumible de tungsteno. La pieza a soldar está unida a la fuente de energía por medio de un cable de masa.” (Cueto, 2012, p. 7).

La AWS en el estándar A3.0 define que en un WPS es un documento que proporciona las variables de soldadura requeridas para una aplicación específica para asegurar repetitividad por soldadores debidamente entrenados y operadores de soldadura.

2. Conceptos del material base

El metal base utilizado en el proceso de soldadura es un acero inoxidable AISI 304, que se presenta en forma de rollo de alambre laminado en frío. Este tipo de acero es un acero austenítico. Los aceros inoxidables austeníticos, como lo es el 304 según los autores Vander, Lucas & Manilova (2004), pueden contener más de 16% de cromo lo cual los hace resistentes a la corrosión.

Davis (1994), describe la laminación en frío como un proceso que se da a partir de una varilla laminada en caliente y luego recocida esta secuencia se lleva a cabo para obtener dimensiones requeridas (espesores más pequeños), mejora de la superficie y propiedades mecánicas específicas.

3. Conceptos de defectología.

Una indicación, de acuerdo con Ortiz (2014, p. 4), es una “respuesta o evidencia de una discontinuidad resultante de la aplicación de la aplicación de un END”, (END se refiere a ensayos no destructivos), estas deben ser evaluadas para dar un criterio con respecto a la soldadura.

Los ensayos no destructivos, según Pazos (2006), es una rama aplicada a la Ciencia e Ingeniería de Materiales, que se encarga de detectar

discontinuidades en elementos de trabajo, esto sin tener que recurrir a ocasionarle un daño al material mientras se inspecciona.

Las indicaciones, precisamente en el proceso GTAW, se pueden encontrar cuatro tipos de discontinuidades, unas con mayor frecuencia que otras: porosidades, fusión incompleta, falta de penetración y grietas son las más concurrentes. Estas indicaciones pueden ser observadas mediante radiografía.

La inspección radiográfica es un ensayo no destructivo, y como explica Lotsberg (2016), es una prueba que se utiliza para detectar defectos volumétricos tales como poros de gas, inclusiones, cortes inferiores entre otros. Esta técnica se basa en utilizar radiación para capturar una imagen en una película.

4. Conceptos de calidad

“Se denomina control de calidad al conjunto de técnicas y procedimientos que se sirve la dirección para orientar, supervisar y controlar todas las etapas mencionadas hasta la obtención de un producto deseado.” (Hansen & Ghare, 1990, p. 2). Es por esto que se utilizan técnicas de calidad, ya que estas permiten supervisar los procesos y encontrar los problemas presentes.

El diagrama de Ishikawa “(...) es una representación gráfica que organiza de forma lógica y en orden de mayor importancia las causas potenciales que contribuyen a crear un efecto o problema determinado.” (Manuel, s.f, p. 2). Así que de esta manera se puede localizar las fuentes que ocasionan un problema, por lo que se pueden tratar las causas y así solucionar dicho problema.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

Los materiales que se necesitaron para la elaboración de este proyecto fueron:

1. Acero AISI 304
2. Syncrowave 200
3. Electrodo no consumible 2% cerio
4. Gas argón.
5. Antox

6. Cámara de niebla salina.
7. Máquina universal para ensayos mecánicos
8. Placas radiográficas
9. Negatoscopio

B. Procedimiento

1. Confección de las probetas

Se sueldan las probetas 1 primero, con una corriente de 100 A, sin limpieza, con contaminación del ambiente, no se purga y se enfría en agua. Seguidamente se sueldan las probetas 2, con una corriente de 85 A, limpieza con Antox, limpieza del ambiente y sin brisas de aire, se purga y se enfría al aire.

Además, para ambas probetas se utiliza como gas de protección el argón con un flujo de gas de 13 CFH, se utiliza un electrodo de 2 % cerio con un diámetro de 3/32 de pulgada y una copa de 3/8 de pulgada. Las piezas son sujetadas por un extremo con una prensa y por el otro extremo manipuladas por el soldador.

2. Prueba en la cámara salina

Se toman fotos de la probeta 1 y de la probeta 2, se prepara la cámara con agua y sal, se introducen las probetas en la cámara por un periodo de 100 horas, se sustraen las probetas de la cámara salina y por último se toma fotos de los resultados.

3. Inspección radiográfica

Se obtiene la placa radiográfica revelada, se observan las indicaciones presentes en cada una de las muestras para ambas probetas en el negatoscopio y se utiliza el código ASTM para dar la condición de la indicación.

4. Prueba de Tracción

Se somete primeramente la probeta 1 a las prueba de tracción, colocándola en la máquina de ensayos mecánicos programada a 4 mm/min, se obtienen las gráficas, se repite el proceso para la probeta 2.

III. RESULTADOS Y SU ANALISIS

A. Ensayo en Cámara Salina

En la prueba de corrosión con la cámara salina se obtuvieron los siguientes resultados. En la figura 1 se observan los resultados de la probeta 1.



Figura 1. Probeta 1. a) Junta soldada antes de la prueba en la cámara salina. b) Junta soldada después de la prueba en la cámara salina.

Lo que se puede observar en la figura 1 a, se denomina como *sugaring*. Kotecki (2013), explica que este fenómeno ocurre cuando la soldadura se expone al aire mientras se solidifica, esto causa que el aire oxide severamente la superficie; esta es una condición de oxidación que a como se puede observar en la figura 1 b, genera corrosión.

En la figura 2 se puede observar la probeta 2 la cual si se realizó con gas de protección.

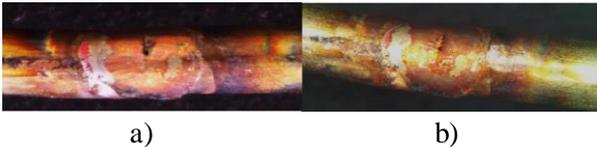


Figura 2. Probeta 2. a) Junta soldada antes de la prueba en la cámara salina. b) Junta soldada después de la prueba en la cámara salina.

La probeta 2 no sufre un cambio drástico después del ensayo de la cámara salina debido a que no ocurrió *Sugaring* al soldar, es por esto que el acero aún conserva la propiedad de resistencia a corrosión.

B. Radiografía

En el ensayo radiográfico se tomaron 4 muestras, 2 para cada tipo de probeta, para analizar la calidad del soldadura y si hay presencia de discontinuidades. En la figura 3 se observan las radiografías para las muestras de la probeta 1.

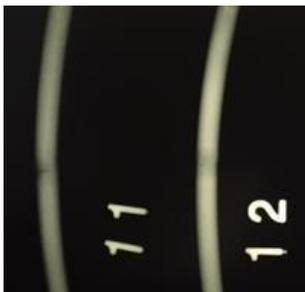


Figura 3. Radiografía probeta 1.

La muestra 1 - 1, presenta una grieta en la soldadura, según el código ASME las grietas son una condición

de rechazo inmediata. Además, se puede ver un ligero desalineamiento, y por último, la junta soldada es menos gruesa que el alambre.

La muestra 1 - 2 presenta el mismo problema que la 1-1 ya que la junta es más estrecha que el alambre base. Adicionalmente, se pueden observar dos pequeños poros, la longitud de todas las porosidades juntas no puede ser mayor a $\frac{1}{4}$ de "T", siendo T el grosor de la pieza soldada, porosidades miden 2 mm por lo que se rechaza.

En la figura 4 se presentan las radiografías para las muestras de la probeta 2.

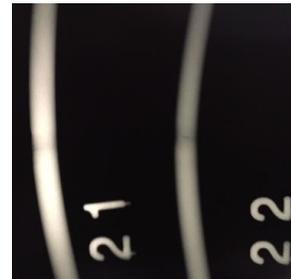


Figura 4. Radiografía probeta 2.

La muestra 2 - 1, se puede observar que hay un severo cambio de grosor entre la junta soldada y el grosor del alambre. La misma situación se presenta en la muestra 2 - 2. Además, se observa que en la zona de la soldadura, se encuentra un poro alargado transversalmente. El cual mide 3,5 mm por lo cual la soldadura se rechaza.

C. Ensayo de Tracción

El ensayo de tracción dio resultados muy diferentes para las probetas 1 y 2. En la tabla 1 se encuentran tabulados los resultados del ensayo de tracción. En la figura 5 se encuentran los resultados de la probeta 1.

Tabla 1. Resultados de prueba de tracción.

Probeta	Diámetro (mm)	Esfuerzo último (N)	Resistencia última (MPa)	Elongación (%)
1	4.8	7200	443	5.9
2	4.8	10060	619	9.7

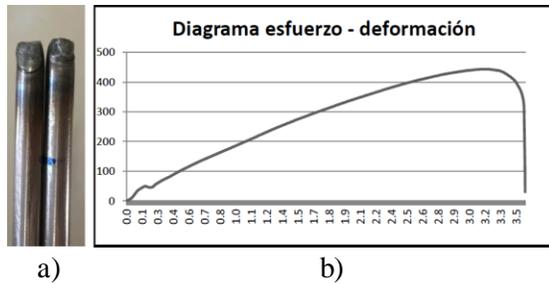


Figura 5. Probeta 1. a) Fractura. b) Diagrama esfuerzo -deformación.

Al realizar el ensayo de tracción para la probeta 1, la resistencia última para esta probeta anotada en la tabla 7, es de 443 MPa mientras que la resistencia última para el acero AISI 304 es de 579 MPa, la junta soldada es menos resistente que el acero de suministro. Por lo que se puede decir que la soldadura está siendo fragilizada al sumergirse en agua. En la figura 6 se puede observar los resultados de la prueba de tracción de la probeta 2.

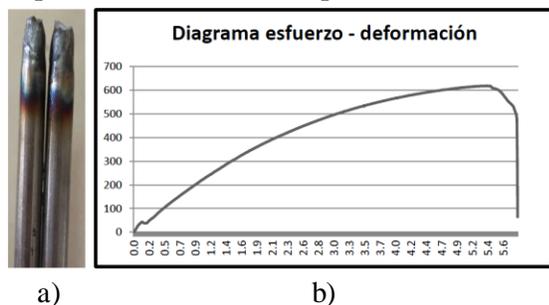


Figura 6. Probeta 2. a) Fractura. b) Diagrama esfuerzo -deformación.

La probeta 2, en la tabla 7, se puede observar que la resistencia última es de 619 MPa, esta probeta fue enfriada al aire, esto permite que no haya un brusco cambio en la estructura, por lo que la junta soldada es más resistente que el material de suministro.

IV. CONCLUSIONES

- La corriente utilizada de 100 A causa concavidades en la soldadura.
- El enfriamiento de las piezas en agua provoca fragilidad en la junta soldada.
- La falta de gas de protección al soldar induce la contaminación en el cordón de soldadura.
- La limpieza de la junta a soldar elimina contaminantes externos e inhibe la corrosión.

- El uso de un electrodo de 1/16 in permite que la boquilla de 3/8 in brinde una mejor protección.
- El WPS, en el apéndice 6, para el procedimiento de soldadura GTAW para el acero AISI 304 de espesor 4.8 mm es el que brinda mejores resultados.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el WPS presente en el apéndice de este informe para que se realice el procedimiento correctamente.
- Capacitar dos operadores en el proceso de soldadura, para que así la técnica y el procedimiento WPS sean utilizados de manera correcta.
- Se debe de hacer la compra de las herramientas tales como una mesa para soldar, prensas especiales para aros y una tobera manual, para que el proceso sea más sencillo y eficiente.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- American Welding Society. (2010). *Standard welding terms and definitions*. AWS A3.0M. 12va edición. Recuperado de: Base de datos del Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Cueto, J. (2012). *Manual de soldadura TIG*. España: Cano Pina. [ISBN: 978-84-15884-47-7]
- Davis, J. (1994). *Stainless steels*. Estados Unidos: ASM International. [ISBN: 0-87170-503-6]
- Kotecki, D. (2013). *Welding Stainless Steel - Questions and Answers - A Guide for Troubleshooting Stainless Steel Welding-Related Problems*. Estados Unidos: American Welding Society. [ISBN: 978-0-87171-298-9]
- Lotsberg, I. (2016). *Fatigue Design of Marine Structures*. Estados Unidos: Cambridge University Press. [ISBN: 978-1-107-12133-1]
- Ortiz, G. (2014). Defectos y discontinuidades de la soldadura. Venezuela: Universidad Fermín Toro. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/273952693/Defectos-en-Soldaduras>
- Pazos, N. (2005). *Tecnología de los metales y procesos de manufactura*. Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello. [ISBN: 980-244-427-8]

VII. Apéndice

Empresa: IKOR Puntarenas S.A.

Procedimiento No.: 01

Proceso de soldadura: GTAW

Revisión: 01 Fecha: 23/11/16

Por: Francini Zúñiga Luna

Tipo: Manual () Semiautomático. (x)

Mecanizado () Automático ()

DISEÑO DE UNIÓN EMPLEADA

Tipo: _____

Costura: Unilateral () Bilateral (x)

Respaldo: Sí () No (x)

Material de respaldo: N/A

Abertura de raíz: 3 mm

Altura del talón: 2,4 mm

Angulo de ramura: 90. Radio (J - U): N/A

Resanado: Sí () No (x) Método: N/A

METALES BASE

Especificación del material: AISI 304

Espesor: Ramura: 4.8 mm

Diámetro: 2.4 mm

METALES DE APORTE

Especificación AWS: N/A

Clasificación AWS: N/A

PROTECCIÓN

Gaseosa

Composición: Argón

Flujo: 13 CFH

Diámetro de tobera: 3/8 in

PRECALENTAMIENTO

NO APLICA

POSICIÓN

Posición para costura de: Ramura Plana

Progresión: Ascendente ()

Descendente (x)

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Corriente: CA () CDEP ()

CDEN (x) Pulsada ()

Electrodo de Tungsteno

Tipo: 2 % cerio. AWS A 2.15.

Diámetro: 1/16

TECNICA

Cordón estrecho u oscilado: estrecho.

Pasada(s) simple(s) o múltiples: simple-

Distancia pieza – boquilla de contacto: 7 mm

Limpieza: Limpiar la zonas a unir previamente, utilizar Antox o acetona.

Longitud de arco: 3 mm.

Enfriamiento: Enfriar las piezas al aire.

Realizar únicamente una pasada por ambos lados.

TRATAMIENTO

TÉRMIICO

POSTERIOR

NO APLICA

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA				
No. de pasada	Corriente		Voltaje (V)	Detalles de la unión
	Tipo y polaridad	Intensidad		
1	CDEN	85	13.4	Pasivar la junta.