Resultado del análisis

Archivo: TRIBUNAL_01_FINAL_ARTICULO CIENTIFICO ESTEVEZ BRIONES.pdf

Estadísticas

Sospechosas en Internet: 5,56%

Porcentaje del texto con expresiones en internet [▲](#).

Sospechas confirmadas: 4,51%

Confirmada existencia de los tramos en las direcciones encontradas [▲](#).

Texto analizado: 80,46%

Porcentaje del texto analizado efectivamente (no se analizan las frases cortas, caracteres especiales, texto roto).

Éxito del análisis: 100%

Porcentaje de éxito de la investigación, indica la calidad del análisis, cuanto más alto mejor.

Direcciones más relevantes encontrados:

Dirección (URL)	Ocurrencias	Semejanza
https://qdoc.tips/aws-d11-2015-espaolpdf-3-pdf-free.html	33	1,49 %
https://docplayer.es/57158086-1-aws-d1-1-d1-1m-2015.html	11	9,43 %
https://musicacoustic.com/utilidades-ventajas-y-desventajas-de-cada-uno-de-los/	10	2,34 %
https://1library.co/document/zww4k71q-analisis-comparativo-soldabilidad-electrodos-soldadura-electrodos-mediante-soldadura.html	10	8,22 %
https://templatemikrotik.com/utilidades-ventajas-y-desventajas-de-cada-uno-de-los-programas-el-of/	9	2,82 %
https://pdfcoffee.com/awsd11d11m2020unanormacionalestadounidensecodigode-3-pdf-free.html	7	5,89 %

Texto analizado:

INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO CENTRAL TÉCNICO VERSIÓN:
MACROPROCESO: 01 FORMACIÓN PROCESO: 03 TITULACIÓN Código: FOR.FO31.09 01 TRABAJO DE TITULACIÓN PROYECTO TECNOLÓGICO /
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FORMATO ARTÍCULO CIENTIFICO ELABORACIÓN: ÚLTIMA REVISIÓN

2.1
vi,04/06/2021 vi,04/06/2021

Página 1 de 19

REGISTRO

INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO CENTRAL TÉCNICO

CARRERA DE MECÁNICA INDUSTRIAL

TEMA: Análisis comparativo de la soldadura ASTM A36 bajo la norma AWS D1.1, con electrodo E6010 mediante procesos de soldadura SMAW y electrodos E71T1 mediante procesos de soldadura FCAW.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR EN MECÁNICA INDUSTRIAL

ESTÉVEZ VITERI ERICK RICARDO BRIONES PISCO EDUARDO ALEXANDER Asesor: ING. BRAULIO GUANOCUNGA QUITO, JULIO DEL 2021.

© Instituto Superior Universitario Central Técnico (2020). Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo Eduardo Briones, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Instituto Superior Tecnológicos Central Técnico puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

-----EDUARDO ALEXANDER BRIONES PISCO

DECLARACIÓN

Yo Erick Ricardo Estévez Viteri, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Instituto Superior Tecnológicos Central Técnico puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

-----ERICK RICARDO ESTÉVEZ VITERI

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por ESTÉVEZ VITERI ERICK RICARDO y BRIONES PISCO EDUARDO ALEXANDER, bajo mi supervisión.

ING. BRAULIO GUANOCUNGA TUTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO I

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a los Ing. Braulio Guanocunga y al Ing. Wilinton Loyola, porque siempre con su buena voluntad y en forma desinteresada nos dieron valiosas orientaciones profesionales, sin las cuales no habría sido posible culminar la elaboración de este proyecto de grado; a las autoridades y ex autoridades de la carrera de Mecánica Industrial, quienes con sus opiniones y criterios constituyeron importantes aportes para su desarrollo y a las entidades privadas que nos proporcionaron la información en la cual se basa nuestra investigación.

DEDICATORIA

A mis Padres: A ellos que con su sabiduría y amor me han sabido guiar por el camino del bien y humildad, quienes me enseñaron a aceptar las derrotas con la

cabeza en alto y los ojos bien abiertos, aprendiendo a cada paso a construir el camino del presente, porque el ayer ya pasó y el terreno del mañana es demasiado incierto. A mis Hermanos y Enamorada Ariel, Katherine y Lizbeth: Quienes con su apoyo y comprensión se han constituido como un pilar fundamental, el mismo que me ha permitido culminar con esta etapa de mi vida estudiantil.

Erick Ricardo Estévez Viteri

DEDICATORIA

A mis Padres: Quienes considero la base de mi vida y pilares fundamentales en varios aspectos, quienes a lo largo de mis días han estado pendientes de mis pasos y que día a día han luchado para que yo tenga las posibilidades y el apoyo y así lograr cumplir mis sueños, ellos son quienes me enseñaron a ser un guerrero y luchar por todo aquello que quiero, porque nada que merezca la pena vendrá fácil y todo aquello por lo que se lucha, será aún más satisfactorio cuando se lo consiga. Por ser quienes me han mostrado el camino de lo correcto y que a pesar de las circunstancias sean estas favorables o no, siempre hay que mantenerse humilde, valiente y constante porque será eso lo que nos enaltezca y nos hará brillar en medio de todos y ante los ojos de Dios.

Eduardo Alexander Briones Pisco

Comparative analysis of ASTM A36 welding under the AWS D1.1 standard, with E6010 electrode using SMAW welding processes and E71T1 electrodes using FCAW welding processes Análisis comparativo de la soldadura ASTM A36 bajo la norma AWS D1.1, con electrodo E6010 mediante procesos de soldadura SMAW y electrodos E71T1 mediante procesos de soldadura FCAW

Erick Estévez Viteri1

1

Eduardo Briones Pisco2

Estudiante de la carrera de Mecánica Industrial, IST Central Técnico, Quito, Ecuador E-mail: erick.est.vit@gmail.com 2 Estudiante de la carrera de Mecánica Industrial, IST Central Técnico, Quito, Ecuador E-mail: edualexpb@gmail.com RESUMEN ABSTRACT

En la presente investigación se determinó el análisis comparativo entre los procesos SMAW y FCAW, con el fin de establecer las ventajas y desventajas de cada uno de los procesos dentro de la industria. Para esto se utilizó el método experimental en probetas de 10mm de espesor, en la posición filete con la respectiva configuración vertical ascendente la cual fue elaborada, analizada y posteriormente estudiada bajo la Norma Americana de soldadura AWS D1.1 con la cual fundamentamos los resultados obtenidos durante los ensayos destructivos y no destructivos. Obteniendo como resultado los procedimientos de soldadura de cada proceso. Los materiales utilizados para las probetas fueron acero ASTM A36 de 200mm de longitud, electrodo con revestimiento celulósico sódico E6010 y el alambre tubular con protección gaseosa externa E71T1. Luego de realizar el análisis y colocarlo en tablas se determinó que el proceso FCAW cuenta con mayores ventajas a la hora de su aplicación, eso se define como mayor productividad en menor tiempo. Palabras clave: Proceso SMAW, Proceso FCAW, AWS D1.1, Soldadura, Pruebas, Comparaciones, Análisis, Ensayos destructivos, Normas, Materiales. In the present investigation the comparative analysis between the SMAW and FCAW processes was determined, with the purpose of establishing the advantages and disadvantages of each one of the processes within the industry. For this, the experimental method was used in specimens of 10mm of thickness, in the fillet position with the respective vertical ascending configuration which was elaborated, analyzed and later studied under the American Standard of welding AWS D1.1 with which we base the results obtained during the destructive and non-destructive tests. As a result, we obtained the welding procedures for each process. The materials used for the specimens were ASTM A36 steel of 200mm length, electrode with sodium cellulose coating E6010 and tubular wire with external gas protection E71T1. After performing the analysis and placing it in tables, it was determined that the FCAW process has greater advantages at the time of its application, which is defined as higher productivity in less time.

Keywords: SMAW process, FCAW process, AWS D1.1, Welding, Testing, Comparisons, Analysis, Destructive testing, Standards, Materials.

1. INTRODUCCIÓN El análisis comparativo es un estudio profesional en el cual se plantean variables que son estudiadas y comparadas para determinar un resultado enfocado en la eficiencia, dentro del campo de la soldadura existen varios tipos de procesos los cuales son aplicados dentro de nuestras industrias y cada uno de ellos nos ofrece tanto ventajas como desventajas. El código de la American Welding Society D1.1 cubre los requisitos de soldadura para cualquier tipo de estructura soldada realizada en aceros de baja aleación al carbono utilizados comúnmente en las construcciones, las distintas secciones constituyen un conjunto de reglas para la regulación de soldadura, este código está desarrollado específicamente para estructuras soldadas de acero al carbono de 3mm de espesor como mínimo, también contiene criterios para la calificación y aprobación de soldaduras y procedimientos estándar para realizar inspecciones visuales y ensayos no destructivos. El propósito de la investigación es realizar un análisis comparativo enfocado a la eficiencia entre los procesos SMAW y FCAW con el cual, ayude a determinar de manera objetiva que proceso aporta mayores ventajas a comparación del otro, dentro de este análisis se utilizará la norma AWS D1.1 la cual nos ayudará a establecer de manera correcta los parámetros para la preparación del material, la correcta obtención de datos y el análisis de resultados, cabe mencionar que el estudio de los resultados nos ayudará a mejorar un proceso de fabricación, ya que al determinar las ventajas podremos aplicar de mejor forma los métodos de soldadura y obtener las mayores ventajas que estos nos brindan, también al desarrollar el análisis bajo normas internacionales y con ayuda de personal con gran experiencia se podrán ofrecer parámetros calificados y probados para el correcto uso de los procesos.

Por medio del desarrollo analítico de resultados se determinaran las principales variables para obtener puntos claros de comparación, para la obtención de datos utilizaremos los parámetros establecidos en la norma AWS D1.1 los cuales nos ayudarán a determinar de manera correcta los resultados, además con la aplicación de la norma desarrollaremos los correctos procedimientos de soldadura denominados WPS los cuales serán aplicables para todo nuestro estudio y al ser normalizados podrán ser adaptables para futuros proyectos. 2. MATERIALES Y MÉTODOS En el proceso de investigación se consideraron los factores asociados a la norma AWS D1.1; en la cual se mencionan todas las especificaciones necesarias para realizar juntas de soldadura de más de 3mm de espesor, con estándares de calificación y criterios técnicos de aceptación en ensayos destructivos y no destructivos. Los métodos de ensayo utilizados son inspección visual y macroataque, el estándar de comparación está determinado bajo la norma y sus correctos criterios de aceptación, el desarrollo de probetas para la adecuada obtención de resultados está determinada por la norma en su sección número 6 de calificación, los detalles de las probetas se encuentran en las WPS realizadas para este trabajo. Las probetas elaboradas para la evaluación de resultados tienen las siguientes características: Placas de 200mm en Acero ASTM A36. Longitud de soldadura 200mm Placa de soldadura en posición de Filete. Espesor mínimo para calificación 10mm. Soldadura en ambos lados de la probeta. Altura mínima efectiva de soldadura 5mm.

Los materiales de aporte seleccionados para elaborar el estudio y análisis son Electrodo con revestimiento celulósico sódico para aceros al carbono con la denominación bajo la norma AWS A5.1 (E6010) para proceso SMAW de la marca INDURA, y el alambre tubular con protección gaseosa externa para aceros al carbono (E71T-1) para proceso FCAW de la marca INDURA.

Para la correcta ejecución de las probetas se desarrollaron procedimientos de soldadura denominados WPS por la norma AWS D1.1 en la cual se menciona los distintos parámetros esenciales para la correcta ejecución de la soldadura. Dentro de la especificación que detalla la WPS encontramos distintos parámetros como: Procesos de soldadura, tipo de junta utilizada, material base, material de aporte, posiciones de soldadura, tratamiento térmico, gas de protección, tipo de limpieza. En el primer estudio se denominó a la probeta SMAW-01 la cual fue realizada en acero ASTM A36 de 10mm de espesor, configurado en posición de filete y la aplicación de soldadura en vertical ascendente o denominado bajo la norma como 3F, en el procedimiento de soldadura efectuado se determinaron las variables esenciales como la correcta preparación del material base, correcta calibración de la maquinaria de soldadura, adecuada calificación del soldador y la continua limpieza a la soldadura, al efectuar la unión se calificaron varios parámetros entre los cuales se encuentra el Voltaje promedio, Amperaje Promedio, Tiempo el cual fue registrado por cada pase de soldadura, distancia de soldadura y velocidad de la misma, estos datos fueron recolectados y expuestos en la tabla de datos de campo para calificación de procedimiento y soldadores. En el segundo estudio se denominó a la probeta FCAW-01 la cual fue realizada en acero ASTM A36 de 10mm de espesor, configurado en posición de filete y la aplicación de soldadura en vertical ascendente o denominado bajo la norma como 3F, en el procedimiento de soldadura efectuado se determinaron las variables esenciales como la correcta preparación del material base, correcta calibración de la maquinaria de soldadura, adecuada calificación del soldador, y la continua limpieza a la soldadura, al efectuar la soldadura se calificaron varios parámetros entre los cuales se encuentra el Voltaje promedio, Amperaje Promedio, Tiempo el cual fue registrado por cada pase de soldadura, distancia de

soldadura y velocidad de la misma, estos datos fueron recolectados y expuestos en la tabla de datos de campo para calificación de procedimiento y soldadores. La metodología que se utilizó para la obtención de resultados parte del análisis en comparativo para determinar la eficiencia dentro de un sector productivo, las mismas que serán detalladas en el presente documento.

PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS Para establecer un correcto análisis se ha determinado distintos parámetros básicos, los cuales permitirán la correcta ejecución de las probetas, las mismas que serán expuestas en los siguientes apartados: Se determinó mediante la Tabla 1 la cual tiene como fundamento la norma AWS D1.1 que el tipo de soldadura será Filete en la posición de ensayo 3F, ya que dentro de la industria este tipo de unión es la más utilizada, además que al calificar en esta posición en automático queda calificada para el resto de posiciones de filete como la 1F, 2F, 3F, 4F.

Tabla 1. Parte de la Tabla 6.10 de la norma AWS D1.1. Posiciones de soldadura de producción calificadas para ensayos de placa.

Fuente: Norma AWS D1.1

En la norma AWS D1.1 en la sección 6 de la calificación nos detalla las dimensiones de las placas para ensayo de soldadura en filete para la calificación de procesos de soldadura y operario de soldadura.

El siguiente paso es determinar el material base que en este caso fue seleccionado el acero ASTM A36 por sus excelentes características y propiedades, este acero se ha convertido en uno de los materiales más utilizados dentro de las industrias ecuatorianas por su gran versatilidad para la construcción, Este acero es el

resultado de la composición de diferentes elementos químicos, siendo el más importante y mayor cantidad el hierro y el de menor presencia el carbono. Imagen 1. Placa de ensayo de soldadura en filete y macroataque, Norma AWS D1.1

ELABORACIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA (WPS) La especificación del proceso de soldadura se define como el documento habilitante o guía de creación efectiva de soldadura, donde esta detallada la información general las cuales son denominadas bajo la norma como variables esenciales las cuales son: el proceso y tipo de soldadura, junta utilizada, material base, material de aporte, posiciones, tratamiento térmico, gas de protección, tipo de limpieza y rango de amperajes. La finalidad de esta información es poder producir un grupo de soldaduras con propiedades mecánicas razonablemente similares. Para la correcta aplicación de este estudio hemos desarrollado las respectivas especificaciones de procesos de soldadura las que hemos denominado como WPS NO.: en la cual se detalla punto a punto las distintas características de las variables esenciales las cuales fueron anteriormente mencionadas, el desarrollo de estas especificaciones comienza al determinar el proceso y tipo de soldadura en este caso son: los procesos SMAW de tipo mecanizado y FCAW de tipo semi automático. Consecutivo a esto determinamos el tipo de junta a ser calificada la cual está seleccionada de acuerdo a la necesidad del estudio [en este caso se escogió para el proceso SMAW la junta FILETE-F12](#) para espesores de material base menor a 75mm y para el proceso FCAW la junta FILETE-TC-F12-GF para espesores de material base menor a 75mm.

Luego de determinar el elemento base seleccionamos los materiales de aporte los cuales serán fundamentales para determinar el correcto análisis de comparación en este caso utilizaremos el electrodo con revestimiento celulósico sódico E6010 y el alambre tubular con protección gaseosa externa E71T1, también definiremos los diámetros nominales para la educada ejecución de las soldaduras, para el electrodo E6010 se ha determinado el diámetro 5/32 (3.97mm) y para el alambre E71T1 el diámetro 1.2mm. Después definiremos las correctas posiciones para la aplicación de la soldadura, por lo que determinamos que la aplicación de raíz y relleno se llevara a cabo con la progresión vertical ascendente con la configuración 3F. Otra variable esencial es el proceso de tratamiento térmico que para nuestro estudio no será aplicado ya que para nuestros métodos de soldadura no son requeridos. Seguido a esto definiremos el gas de protección necesario para la correcta aplicación del proceso de soldadura, este parámetro lo determinara el fabricante en la hoja técnica del producto, para la adecuada aplicación del proceso de soldadura en nuestro análisis el fabricante establece que para el alambre tubular E71T1 es necesario una protección gaseosa de CO2 con una concentración del 100%. Después de definir los anteriormente mencionados parámetros la WPS determina que un paso fundamental para la correcta aplicación de los procesos de soldadura es la limpieza, la misma que se deberá realizar en finalizar cada pase, el objetivo de este parámetro es garantizar la correcta penetración y fusión del material de aporte depositado en el material base.

Por último, determinamos las características eléctricas las cuales son de fundamental importancia para la correcta aplicación de la soldadura, estos parámetros son establecidos por el fabricante y puede depender de modificaciones según la marca, los parámetros más importantes son: Voltaje (V) Amperaje (A) Polaridad (Pol) Avance en (cm/min)

habilidades de soldador bajo AWS D1.1. CALIFICACIÓN DE LAS PROBETAS Para determinar la correcta aplicación de los procesos de soldadura [disponemos la sección 8 de la norma americana de soldadura en la cual se establecen los](#) criterios técnicos de aceptación para inspección visual en la cual establece que la premisa fundamental es proporcionar [condiciones generales aplicables a la mayoría de las situaciones](#), la norma determina que todas las juntas que sean calificadas por esto deben ser inspeccionada visualmente y serán aceptadas si cumplen con todos los criterios de la Tabla 2 la cual tiene como fundamento la norma AWS D1.1, donde se evalúan las siguientes categorías: Fisuras. Falta de Fusión. Cráteres. Tiempo de Inspección. Mínimo de Tamaño de filete. Concavidad. Mordeduras. Porosidad.

Al determinar todas las variables antes mencionadas hemos desarrollado los correspondientes procedimientos de soldadura WPS los cuales tienen como fundamento la correcta aplicación de la normativa y su adecuada ejecución en las probetas de ensayo. CALIFICACIÓN SOLDADORES DE DESEMPEÑO DE

Para el correcto desarrollo y ejecución de un procedimiento de soldadura es necesario disponer de un personal calificado con gran experiencia en la [aplicación de soldadura la AWS D1.1](#) los denomina como welders o soldadores, los cuales deberán cumplir con parámetros que determinarán la capacidad para producir soldaduras solidas. Para la preparación de un formulario de calificación de [desempeño el personal de soldadura debe seguir una WPS aplicable para el ensayo de calificación. Se debe aplicar todas las limitaciones de las variables esenciales](#). El registro de desempeño de soldadura es denominado WPQR, [este es el documento escrito que demuestra que un soldador cumple con todos los parámetros de calificación por lo que lo registra como homologado o calificado](#). Al determinar que para la correcta elaboración del estudio de análisis comparativo es necesario contar con personal con una calificación vigente y en la busca de los mejores resultados hemos tenido la necesidad de utilizar personal calificado y con gran experiencia en los análisis de soldadura, los cuales son demostrados en la calificación de

El macroataque es un método de ensayo destructivo, en la que se determina la correcta fusión de metales a través de la observación trasversal de las probetas sin ayudas visuales, para lograr un correcto resultado es necesario cumplir con ciertos requisitos previo a la aplicación del ácido que comercialmente es conocido como Nital el cual está compuesto por una solución de ácido nítrico y alcohol, para garantizar la eficiencia del ensayo el material base soldado debe ser pulido hasta obtener un acabado uniforme, el uso adecuado de la solución anteriormente mencionada proporcionara una gran definición de la estructura de la soldadura.

Imagen 2. Ensayo de Macroataque realizado en Probeta Fuente: Propia

Para que la calificación del macroataque [sea aceptable, la probeta inspeccionada visualmente debe cumplir con los siguientes requisitos: Las soldaduras en filete deben tener fusión a la raíz de la junta, pero no necesariamente más allá de ella. El tamaño mínimo de la pierna debe cumplir con el tamaño de la soldadura en filete especificado. Para la soldadura en filete no debe existir ninguna grieta. Fusión completa entre las capas adyacentes del metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base](#). Ninguna socavación que exceda de 1mm. Si alguna de las probetas de ensayo de todas las probadas [no cumplen con los requisitos de aprobación se considerará como fallida](#). Las nuevas pruebas se realizarán en dos probetas de ensayo adicionales. Los resultados obtenidos en ambas pruebas [del ensayo deben cumplir con todos los requisitos](#) anteriormente mencionados. 3. RESULTADOS Una función adicional al análisis comparativo entre procesos de soldadura es la determinación de factores que marquen un punto claro de comparación para la correcta aplicación de normativas internacionales las cuales serán de gran ayuda para determinar resultados en futuras investigaciones, por ende, se presentaran los resultados obtenidos al realizar las probetas correspondientes con sus respectivos parámetros de calificación los cuales están basados en la normativa AWS D1.1 en la sección número 6 de calificaciones. El progreso de las probetas para el análisis y posterior estudio fueron desarrolladas bajo las especificaciones de la norma internacional, las cuales fueron detalladas anteriormente, la preparación de las juntas se realizó de forma manual y con supervisión de personal

calificado para determinar la correcta aplicación de los procesos de soldadura, los resultados obtenidos son los siguientes. PROCESO SMAW Los resultados muestran que el estudio de comparación para el [proceso SMAW fue realizado bajo los parámetros determinados](#) por la WPS No.: ESTEVEZ-SMAW-01 donde se establecen las principales variables esenciales que se utilizaron para para la correcta aplicación de soldadura las cuales fueron expuestas en anteriores tablas. Se realizó la correcta toma de valores obtenidos durante la prueba la cual nos ayudó a determinar puntos claros para la posterior comparación en la cual se notó una gran desventaja para el proceso SMAW con respecto al tiempo de aplicación y gasto de consumibles. Al finalizar la prueba se realizó la correspondiente inspección visual en la cual no se presentó ningún tipo de discontinuidades, alteraciones que comprometan el estudio solo se recomendó mejorar la limpieza de las juntas soldadas. Posterior a esto se realizó el ensayo de macroataque en el cual se evidenció la correcta fusión y penetración de la soldadura, la misma que es expuesta en el reporte técnico de resultados de macrografía. PROCESO FCAW El análisis realizado en la probeta para el proceso FCAW muestra mejores resultados en comparación del proceso antes mencionado ya que al ser un proceso semi automático se desarrolla de una manera más eficiente, además de que los parámetros de calibración de la maquinaria son más sencillos. Al ejecutar este proceso de soldadura con los parámetros antes mencionados en la WPS No.: ESTEVEZ-FCAW-01 se establece una ejecución más limpia y con menor tiempo de aplicación, pero también determinamos desventajas las cuales serán expuestas en las tablas de análisis comparativo entre procesos de soldadura.

DISCUSIÓN Al finalizar el estudio de las probetas se ha registrado los resultados en los cuales se evidencia una mayor eficiencia dentro del proceso FCAW en comparación del proceso SMAW, una de las diferencias más significativas es el tiempo de aplicación, dentro del proceso realizado con electrodo de revestimiento celulósico sódico se registró un número mayor de pasadas para poder cumplir con el tamaño [mínimo de garganta de soldadura por lo consecuente un gran](#) aumento en la exposición al calor y tiempo de aplicación, una de las principales consecuencias del proceso SMAW es la deformación por sobrecalentamiento del material base, este fenómeno es producido por el constante calor que imparte cada pasada de soldadura, el resultado de este fenómeno es la [alteración de las propiedades mecánicas del material base](#) la cual no garantiza un correcto funcionamiento de la misma. Se incluye también en el análisis que el proceso FCAW tiene desventajas como el costo de maquinaria y consumibles; no obstante, el aumento de la productividad compensa el gasto, además la fuente y el alimentador de deben estar relativamente cerca, también el gas de protección [puede sufrir efectos adversos por el viento y las corrientes de aire](#), sin embargo, este proceso tiene mayores ventajas para la ejecución de proyectos en la industria. El factor económico es un punto muy claro de comparación ya que de este dependerá cual proceso de soldadura será el elegido para la ejecución de un proyecto, el proceso SMAW si bien tiene mayores desventajas tiene un menor costo en maquinaria y consumibles, en los cuales no existe como tal un costo estándar por unidad, sino que su valor dependerá del peso y el valor actual del mercado, por otro lado en el [proceso FCAW tiene un mayor costo en maquinaria y consumibles](#) como el alambre tubular de diámetro 1.2mm y el gas de protección CO2. Sin embargo, su gran eficiencia para realizar juntas soldadas de manera más sencilla y rápida hace que este

proceso sea uno de los más utilizados a la hora de realizar proyectos en la industria. En lo que respecta a comparación de estos dos procesos, su efectividad y distintos factores más el proceso FCAW se impone con mayor factibilidad para las cadenas de producción industrial en el ámbito de soldadura.

Tabla 2: [Ventajas y desventajas del proceso FCAW](#)

Proceso FCAW Ventajas Desventajas

Mejor tasa de deposición de material de aporte además cuenta con una mayor calidad. Los cordones de soldadura tienen mejor aspecto y se nota una mayor uniformidad. La principal limitación que tiene este proceso es la unificación de metales ferrosos y aleaciones con una base de níquel. Este proceso produce una escoria de óxido resultante por [la fusión del material de aporte](#) con el oxígeno que es preciso eliminar. El material de aporte para el proceso FCAW tiene un mayor

costo a comparación de los electrodos requeridos para el proceso SMAW El equipo para este proceso es más costoso y complejo a comparación del proceso SMAW. Aun que el costo-beneficio es mayor. Este proceso requiere que el alimentador de material de aporte y su fuente de poder se encuentren relativamente cerca de la antorcha y del punto de soldadura. Este proceso al tener que usar una protección gaseosa externa puede sufrir efectos adversos en cuanto al vientos o corrientes de aire en el sitio de aplicación.

Excelente proceso para aplicación de soldadura a tope, filete, tapón y traslape

Es posible realizar varias juntas soldadas con un menor tiempo y con una variedad de espesores.

Las juntas soldadas con este proceso tienen un mejor factor de mecanizado.

Al tener una tasa de deposición elevada este proceso también cuenta con una mayor densidad de corriente.

Este proceso al contar con una alimentación continua de material de aporte genera una mayor eficiencia de depósito de material. El diseño de las uniones resulta más económico en cuanto a su ingeniería

El equipo al ser más complejo requiere un mayor mantenimiento para conservarlo en un excelente estado operativo. Este proceso genera una cantidad mayor de humo y vapores en comparación de procesos como GMAW Y SMAW los cuales son nocivos para la salud del operario de soldadura.

Tabla 3: Ventajas y desventajas del proceso SMAW

Proceso SMAW Ventajas Desventajas

Los consumibles al contar con una auto protección reduce el porcentaje de contaminación en las juntas soldadas, por lo tanto, se reduce el riesgo de discontinuidades. Este proceso tiene un gran rango de aplicación en metales ferrosos y no ferrosos además de poder producir juntas en un amplio intervalo de espesores. Las juntas de soldadura de este proceso son las más comunes y económicas para estructuras y ensamblajes metálicos. Los cordones de soldadura elaborados con este proceso tienen una alta resistencia y calidad. El proceso de soldadura puede ser aplicado en todas las posiciones de soldadura. Además de poder ser utilizado en campo como en taller. En este proceso la eficiencia de las juntas depende en gran medida de la habilidad y experiencia del personal de soldadura.

En [este proceso de soldadura el arco es visible o descubierto](#) esto permite una mayor facilidad al momento del uso. Las juntas tienen un menor factor de limpieza a comparación de otros procesos como el GMAW. Las juntas soldadas al ser realizadas con este proceso semiautomático producen menor distorsión o discontinuidades que el proceso SMAW. Este [proceso tiene una tasa de deposición de material de aporte de hasta cuatro veces más que el proceso SMAW](#). El proceso cuenta con una mayor tolerancia a los contaminantes que podrían producir agrietamientos o porosidades. Las juntas soldadas tienen mayor resistencia al agrietamiento en la franja inferior.

Fuente: Propia

Las juntas elaboradas con este proceso requieren una correcta limpieza de la escoria antes de aplicación del siguiente paso de soldadura. [Este proceso tiene una tasa de deposición de material de aporte relativamente baja](#).

[Este proceso de soldadura no puede ser usado para soldar algunos metales no ferrosos](#). Debido a que para este proceso el material de aporte tiene una longitud efectiva fija, el operario debe detenerse y reemplazar el electrodo una vez este se haya consumido, además de siempre tener un sobrante.

Fuente: Propia

Tabla 4: Tiempos de aplicación en Proceso FCAW junta 1

4. CONCLUSIONES La aplicación de la investigación experimental nos permitió realizar un proyecto apegado a la realidad de la industria ecuatoriana la cual se fundamenta en las variables esenciales para la correcta aplicación de las uniones soldadas, toda la información recabada en este documento nos da los siguientes cierres. Los valores obtenidos en las probetas dan una marcada [ventaja al proceso FCAW ya que este cuenta con mayores](#) prestaciones en relación al proceso SMAW, los resultados también muestran una correcta aplicación de la normativa beneficia a los procesos de fabricación ya que con estos podemos reducir el tiempo y gasto de consumibles, además que aplicando [estos parámetros podemos producir juntas con propiedades mecánicas casi similares las cuales](#) serán de gran beneficio. La metodología usada en el análisis comparativo de [procesos de soldadura en todas las probetas señala](#) una mayor ventaja a la hora de la aplicación de soldadura con electrodo E71T1 con referencia a los resultados anteriormente expuestos, entre las principales ventajas tenemos el elevado factor operativo en cual se detalla la facilidad al mecanizar las juntas soldadas, una mayor tasa de deposición de material de aporte la cual reduce el número de pases que se tendrá que realizar para conseguir el tamaño de soldadura requerido y determinado por la normativa, además de una deformación casi nula al momento de realizar las juntas. Al desarrollar el estudio en las probetas realizadas con el proceso SMAW y material de aporte E6010 se determinó una muy marcada deformación por parte del calor residual de los pases de soldadura, esto afecta de una manera muy significativa a la estructura y propiedades mecánicas del material base el cual al sufrir este tipo de deformaciones puede generar una gran falla a la hora de la aplicación dentro de la industria, además de contar con mayores desventajas que el proceso FCAW.

PROCESO FCAW JUNTA 1 N° DE PASE TIEMPO [min.]
1 (RAÍZ) 2 (CALIENTE) 0:56 min. 1:15 min.

N° TOTAL DE PASES 2

TIEMPO TOTAL
1.71 min.

Fuente: Propia Tabla 5: Tiempos de aplicación en Proceso FCAW junta 2

PROCESO FCAW JUNTA 2 N° DE PASE TIEMPO [min.]
1 (RAÍZ) 2 (CALIENTE) 1:03 min. 1:28 min.

N° TOTAL DE PASES 2

TIEMPO TOTAL
2.31 min.

Fuente: Propia Tabla 6: [Tiempos de aplicación en Proceso SMAW junta 1](#)

PROCESO SMAW JUNTA 1 N° DE PASE TIEMPO [min.]
1 (RAÍZ) 2 (CALIENTE) 3(RELLENO) 4 (RELLENO) 5 (RELLENO) 6 (ACABADO) 1:30 min 1:23 min. 1:17 min. 1:06 min. 1:48 min. 2:31 min.

N° TOTAL DE PASES 7

TIEMPO TOTAL
8:55 min.

Fuente: Propia Tabla 7: [Tiempos de aplicación en proceso SMAW junta 2](#)

PROCESO SMAW JUNTA 2 N° DE PASE TIEMPO [min.]
1 (RAÍZ) 2 (CALIENTE) 3 (RELLENO) 4 (RELLENO) 5 (RELLENO) 6 (RELLENO) 1:29 min. 1:22 min. 1:10 min. 1:02 min. 1:07 min. 2:23 min.

N° TOTAL DE PASES 7

TIEMPO TOTAL
8:33 min.

Fuente: Propia

5. RECOMENDACIONES Para escoger el correcto procedimiento de soldadura se evaluó las ventajas de cada uno a la hora de su aplicación en ambientes controlados o al aire libre ya que de estos dependerá la correcta ejecución de las juntas soldadas. Además, se recomienda el uso del electrodo E6010 solo para

pases de raíz y el electrodo E7018 para el resto de pases esto hace que la aplicación reduzca de manera significativa el tiempo y el gasto de consumibles además de reducir el número de pases que serán necesarios para cumplir con la normativa. También se recomienda el correcto manejo de las normativas que la AWS proporciona ya que en esta consta de muy buena información para la realización de futuros trabajos de investigación además de brindar parámetros ya estudiados y comprobados que facilita la ejecución de proyecto. Por último, se recomienda el uso del alambre E71T1 con el diámetro 1.2mm ya que los resultados expuestos en este trabajo de investigación se fundamentan en este material de aporte y de querer ser recreados los resultados o usado los procedimientos de soldadura este será un principal factor para cumplir con los efectos obtenidos en este proyecto.

Welding, bracings and fusing operators. Andres16012008. (5 de noviembre de 2011). SCRIBD. Obtenido de [https://es.scribd.com/document/71690317/ACE-RO-A36-AVNER-\(1988\).-Introducción-a-la-Metalurgia-Física.-Sidney-McGraw-Hill.-AWS-B4.0M:2000.-2000.-Standard-Methods-for-Mechanical-Testing-of-Weld.-Balvatin.-2011\).-soldadurasyestructuras.com.-2020,-28-de-marzo](https://es.scribd.com/document/71690317/ACE-RO-A36-AVNER-(1988).-Introducción-a-la-Metalurgia-Física.-Sidney-McGraw-Hill.-AWS-B4.0M:2000.-2000.-Standard-Methods-for-Mechanical-Testing-of-Weld.-Balvatin.-2011).-soldadurasyestructuras.com.-2020,-28-de-marzo) <http://soldadurayestructuras.com/procesofcaw.html> INDURA. (2016). <http://www.indura.com.ec>. Obtenido de [Catalogo de electrodos indura: http://www.indura.com.ec/Descargar/Cat%C3%A1logo%20de%20Procesos%20de%20Productos?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fec%2Fbiblioteca%2F4e4aa7f687694565bb3b902988d2a15e.pdf](http://www.indura.com.ec/Descargar/Cat%C3%A1logo%20de%20Procesos%20de%20Productos?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fec%2Fbiblioteca%2F4e4aa7f687694565bb3b902988d2a15e.pdf)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (AWS), Structural Welding Code Steel

ANSI/AWS D1.1, AWS, 16ta. ed., Miami, 1998 ASM, A. S. (1992). Handbook Vol 9, Metallography and Microstructure. ASM, A. S. (1993). Handbook Vol 6, Welding, brazin and Soldering. ASME, A. S. (2017). ASME section IX, Qualification Standard Welding, Brazing and Fusing Procedures; Welders, Brazers and

ANEXOS

Tabla 8: Especificación de procedimiento de soldadura proceso SMAW-01

Fuente: Propia

Tabla 8: (Continuación) Especificación de procedimiento de soldadura proceso SMAW-01

Fuente: Propia

Tabla 9: [Especificación de procedimiento de soldadura proceso FCAW-01](#)

Fuente: Propia

Tabla 9: (Continuación) [Especificación de procedimiento de soldadura proceso FCAW-01](#)

Fuente: Propia

Imagen 3: Calificación de desempeño de soldador realizado por la empresa SINDES, Documentación de Procedimiento de Control de Calidad de la empresa SAURUS

Tabla 10: Datos de campo de calificación de procedimiento y soldadores para procedimiento ESTÉVEZ-SMAW-01

Fuente: Propia

Tabla 10: (Continuación) Datos de campo de calificación de procedimiento y soldadores para procedimiento ESTÉVEZ-SMAW-01

Fuente: Propia

Tabla 11: Protocolo de soldadura Registro de Inspección Visual Proceso SMAW

Fuente: Propia

Tabla 12: Datos de campo de calificación de procedimiento y soldadores para procedimiento ESTÉVEZ-FCAW01

Fuente: Propia

Tabla 12: (Continuación) Datos de campo de calificación de procedimiento y soldadores para procedimiento ESTÉVEZ-FCAW-01

Fuente: Propia

Tabla 13: Protocolo [de soldadura Registro de Inspección Visual Proceso FCAW](#)

Fuente: Propia

Tabla 14: Registro de Análisis de Resultados en Ensayo de Macrografía

Fuente: Propia

Tabla 15. [Criterio de aceptación y rechazo según norma AWS D1.1.](#)

"Análisis comparativo de la soldadura ASTM A36 bajo la norma AWS D1.1, con electrodo E6010 mediante procesos de soldadura SMAW y electrodos E71T1 mediante procesos de soldadura FCAW"

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHASO según AWS D1.1 VISUAL, PARTICULAS MAGNETIZABLE Y TINTAS PENETRANTES
ESTUDIANTES: EQUIPO: Es tévez Eri ck - Bri ones Edua rdo MAQ SOLDAR FRONIUS PLANO DE REFERENCIA: ESTANDAR DE REFERENCIA: S/E AWS D1.1
Registro: 1

DESCRIPCION DEL ELEMENTO: PROBETAS PROCESO FCAW Y SMAW

FECHA DE INSPECCIÓN
15/5/2021

GRAFICA

NOMBRE Fisura

In F

CRITERIO
No se Acepta
Sin importar Tamaño y Localización

Falta de Fusión

IF

No se Acepta
Entre capas, ni entre soldaduras y material base

Crater

CR

No se Acepta
 Todo crater debe ser llenado. Excepto al final de las soldaduras a filete intermitente

Tiempo de Inspección

TI

Inspección visual se podra empezar inmediatamente terminada y este a temperatura ambiente. Excepto aceros ASTM A514, A517, A709 los cuales se inspeccionaran despues de 48 horas terminada la soldadura

Espesor de Material Base (T) Minimo tamaño de filete
 T 6mm 6mm T 12mm 12mm T 20mm T 20mm

Minimo Tamaño de Filete (Size)
 3mm 5mm 6mm 8mm 5mm - cargas ciclicas

L (Tamaño de Soldadura) Tolerancia Filete Bajo Tamaño U
 L 5mm L = 6mm L = 8mm

U (Tolerancia que puede bajar el Tamaño de soldadura en una soldadura filete en soldadura continua) 2mm 2,5mm 3mm MAX CONCAVIDAD 2mm 3mm 5mm

W Concavidad C
 W 8mm w 8mm hasta W 25mm w 25mm

-Espesor Material 25mm mordedura no debe exceder de 1mm. -Espesor Material 25mm mordedura no debe exceder de 2mm con soldadura acumulada. -Espesor Material mayor o igual a 25mm mordedura no debe exceder de 2mm. En miembros primarios las mordeduras no deben exceder 0,25mm cuando la soldadura es trasversal el esfuerzo tensión En otros casos profundidad no mayor a 1mm

Mordedura

M

Reforzamiento en
 soldadura a tope a juntas CJP o PJP

R

T1: espesor mas grueso T1 25mm 25mm T1 50mm T1 50mm En juntas a penetración total CJP a tope trasversal a la tensión. Cero Porocidad.

R max. 3mm 5mm 6mm para cargas ciclicas max 5mm. En soldadura a filete el poro tipo tubo, no debe exceder 1 por cada 100mm y no mayor a 2,5mm. Soldaduras a filete en rigidizador - alma, la sumatoria de poro no exceda 10mm en 1 in y no mayor 20mm en 12 in.

Porosidad

P

Otras soldaduras y a filete la suma de poros de 1mm y mayores no excedan de 10mm en 1 in de longitud y no exceda 20mm en En juntas a penetración total CJP a tope trasversal a la 300mm de longitud soldada tensión. Cero Porocidad.

En otro tipo de soldaduras poros no deben exceder 1 poro cada 100mm y un diametro no mayor a 2,5mm.

Fuente: Tabla 6.10 norma AWS D1.1

Imagen 4: Verificación de armado de las probetas para procesos SMAW Y FCAW, Fuente Propia

Imagen 5: Probetas previas a aplicación de procesos de soldadura, Fuente Propia.

Imagen 6: Probeta en posición 3F previo a aplicación de proceso FCAW, Fuente Propia.

Imagen 7: Probeta en posición 3F previo a aplicación de proceso SMAW, Fuente Propia.

Imagen 8: Probeta en posición 3F posterior a aplicación de proceso FCAW, Fuente Propia.

Imagen 9: Probeta en posición 3F posterior a aplicación de proceso SMAW Fuente Propia.

Imagen 10: Probeta de proceso SMAW posterior a aplicación de ensayo Destructivo, Fuente Propia.

Imagen 11: Probeta en posición 3F posterior a aplicación de proceso FCAW Fuente Propia.

Imagen 12: Probeta de proceso FCAW posterior a aplicación de ensayo Destructivo, Fuente Propia.

Aviso:

⚠ Se recomienda no usar porcentajes para medición de plagio, los valores indicados son sólo datos estadísticos. Sólo una revisión manual puede afirmar plagio. Haga clic [aquí](#) para obtener más información.

Estadísticas:

Expresiones analizadas: 4190
 Búsquedas en Internet: 5881
 Búsquedas en la computadora: 0
 Descargas de página: 461
 Descargas de página fallidas: 1401
 Comparaciones directas con sitios web: 461
 Total de direcciones encontradas: 642
 Número promedio de palabras por búsqueda: 10,23

Legenda:

▲ Dirección validado, confirmó la existencia del texto en la dirección marcada.
 Sin analizar la expresión
 Expresión sin sospecha de plagio
 Pocas ocurrencias en Internet
 Varias ocurrencias en Internet
 Muchas ocurrencias en Internet

Configuración de análisis:

Límite mínimo y máximo de palabras por frase buscada: 8 a 13
 Nivel de análisis (cuántas veces se ha analizado el documento): 8