

# **Elaboración de cupones en acero de bajo carbono, mediante proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, con defectos inducidos e inspeccionados por métodos visuales y tintas penetrantes**

**Preparation of coupons in low carbon steel, by means of electric arc welding process with coated manual electrode, with induced defects and inspected by visual methods and penetrating inks**

**Óscar Iván Duque Díaz\*, Ángel René Benítez Bohórquez\*\***

Fecha de recepción: 27 de junio de 2018 Fecha de aceptación del artículo: 30 de noviembre de 2018

## **Resumen**

La soldadura es una técnica de unión de componentes metálicos, la cual se ha convertido en uno de los procedimientos más utilizados en la conformación de partes o elementos utilizados en la fabricación de estructuras, ductos, máquinas, equipos y en general accesorios con los cuales se puede mejorar ostensiblemente la calidad de vida del hombre. La generación por soldadura de una unión resistente, duradera que garantiza un alto grado de seguridad, ofreciendo un buen acabado del conjunto, realizada a bajos costos, además de ofrecer una amplia variedad de factores de producción, han hecho que los procesos de soldadura tomen una posición relevante en la calidad de la industria metalmecánica.

A fin de cumplir con las exigencias a las que cada día se ve sometida la industria, es necesario

formar soldadores capacitados con competencias laborales que les permitan llegar a ser certificados y participar en procesos eficientes en términos de calidad y competitividad.

Como aporte a esta necesidad de formación, este proyecto tiene como objetivo desarrollar un material didáctico, mediante el cual se presenta un diseño apropiado de una junta soldada junto con las variables de proceso, demostrando su soldabilidad; partiendo de estos parámetros se han modificado las condiciones en la intensidad de corriente aportada para inducir defectos en cupones soldados en platina de acero de bajo carbono, mediante proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW).

Se busca así, proporcionar información técnica y orientación a los aprendices e instructores de los programas de formación en “soldadura de platina

<sup>1</sup> Ingeniero Mecánico, Estudiante de Especialización en Soldadura, Universidad Libre, Instituto de Posgrados. Bogotá- Colombia. solucionesensoldadura@gmail.com

<sup>2</sup> Ingeniero Mecánico, Estudiante de Especialización en Soldadura, Universidad Libre, Instituto de Posgrados. Bogotá- Colombia. abenitez@sena.edu.co

con el proceso de arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW)" desarrollados en el SENA Centro Industrial y de Desarrollo Industrial de Soacha; con ello estimular la reflexión del aprendiz sobre la planificación en la elaboración de proyectos de soldadura y proporcionar las fuentes que puedan motivar esta reflexión y como introducir mejoras en su propio proceso de formación y apropiación de nuevas tecnologías.

**Palabras clave:** Soldadura, material didáctico, proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW), Soldabilidad, diseño de junta soldada, variables de proceso, defectos de soldadura.

## Introducción

Para cumplir con la creciente demanda de soldadores certificados que solicita la industria, especialmente en sectores como el de la infraestructura, la minería, los hidrocarburos, la energía y la construcción entre otros, el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA ofrece formación técnica y tecnológica y formación profesional para el trabajo, además de procesos de certificación de competencias laborales.

Dentro de los programas ofrecidos por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, la formación en Técnicos en Soldadura cuenta actualmente con equipos de soldadura multipropceso de última generación cuyas características técnicas fueron especificadas de acuerdo con las necesidades y tendencias del sector productivo, y así cumplir con las competencias correspondientes a la etapa lectiva; creando con ellos escenarios de aprendizaje prácticos. Estos equipos cuentan con diversidad de variables y parámetros para realizar prácticas de soldeo; características que exigen del aprendiz una capacidad de análisis, comprensión de los procesos y de adaptación a las diversas tecnologías utilizadas en la industria metalmecánica.

El uso apropiado de los equipos y la transferencia tecnológica que demanda el proceso de formación, conlleva a contar con instructores capacitados y actualizados permanentemente en los componentes tecnológicos y que estos se encuentren articulados con diversas y novedosas herramientas pedagógicas.

Como aporte a esta necesidad de formación, se tiene como objetivo desarrollar un material didáctico, mediante el cual se presenta un diseño apropiado de una junta soldada junto con las variables de proceso, demostrando su soldabilidad; partiendo de estos parámetros se ha modificado la condición en la intensidad de corriente aportada para inducir defectos en cupones soldados en platina de acero de bajo carbono, mediante proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW).

Se busca así, proporcionar información técnica y orientación a los aprendices e instructores de los programas de formación en "soldadura de platina con el proceso de arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW)" desarrollados en el SENA Centro Industrial y de Desarrollo Industrial de Soacha; con ello estimular la reflexión del aprendiz sobre una buena parametrización del equipo de soldadura para el proceso en mención además de la cultura de diseñar siempre un buen plan de soldaduras, por otra parte aprender sobre planificación en la elaboración de proyectos de soldadura y proporcionar las fuentes que puedan motivar esta reflexión y como introducir mejoras en su propio proceso de formación y apropiación de nuevas tecnologías.

## Materiales y métodos

Durante la etapa del diseño se buscaron los parámetros adecuados para realizar una junta apropiada de un material de acero al carbono de 3/8" mediante el proceso SMAW.

Elaboración de cupones en acero de bajo carbono, mediante proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido,

Para la elaboración del diseño se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- Tipo de Junta
- Material Base
- Propiedades Químicas
- Propiedades Mecánicas
- Variables Térmicas
- Soldabilidad del acero
- Temperatura de precalentamiento
- Temperatura entre pases
- Enfriamiento después de soldadura
- Tratamiento térmico posterior a la soldadura
- Posición de Soldadura
- Metal de Aporte
- Variables del Proceso
- Diámetro del electrodo
- Tipo de Corriente
- Amperaje
- Velocidad de Avance
- Inspección
- Inspección Visual
- Tintas Penetrantes
- Consumo de Consumibles

Dando como resultado un plan de soldadura el cual será presentado a continuación en la tabla 1:

### **Elaboración del procedimiento de soldadura WPS**

La elaboración del procedimiento de soldadura (WPS), se estructura a partir de los rangos de las variables esenciales y no esenciales indicados en el estándar AWS D1.1:2015.

### **Procedimiento en la elaboración de cupones**

A continuación, se procede a evaluar las características físicas de las uniones de soldadura logradas en los cupones de estudio y correlacionar los resultados

**Tabla 1.** Plan de soldadura.

Plan de soldadura	Información general	Identificación de la Junta	J1
		Diseño de Junta	Ranura - Bisel en V simple
		Espesor material	3/8 "
		Metal Base 1	ASTM A36
		Metal Base 2	ASTM A36
		Resistencia metal base 1	58 ksi (400 MPa)
	Variables Térmicas	Resistencia metal base 2	58 ksi (400 MPa)
		Proceso	SMAW
		Posición	1G
		Precalentamiento	25 °C
		Temperatura entre pases	25 °C
Variables del Proceso	Tipo de Electrodo	Enfriamiento	Normal
		Tratamiento térmico	No aplica
	Tipos de Electrodo	Especificación	E-7018
		Clasificación	AWS 5.1
	Ensayos no destructivos	Diámetro de electrodo	1/8"
		Amperaje	100 - 145 A
		Velocidad de Avance	14-18 pulgadas / minuto
		Tipo de Corriente	DC-EP
Indicaciones adicionales	Ensayos no destructivos	Inspección Visual (VI)	Si aplica
		Tintas Penetrantes (PT)	Si aplica
		Partículas Magnéticas (MT)	No aplica
		Ultrasonido (UT)	No aplica
		Radiografía (RT)	No aplica
	Indicaciones adicionales	Soldador	Yeison Andrés Jaramillo
		Equipo	Miller Dynasty 350
		Longitud por cupón	6"
		Longitud total	30"
		Consumo[lb/ft]	0,458 lb/pie

Fuente: elaboración propia.

con los métodos de aplicación de las soldaduras y particularmente con la variable del proceso “intensidad de corriente”; que como una variable esencial, afecta directamente los resultados del proceso.

El procedimiento de soldadura, se estableció bajo el código AWS D1.1M: 2015; en él se determinaron las características técnicas a partir de las cuales se realizó el cupón “N° C1”, este tiene el carácter de

prototipo; pues es a partir de las condiciones determinadas en él, que se establecieron las variaciones en la intensidad de corriente para los cupones identificados con los números C2, C3, C4 y C5. Con el incremento o detrimento en la intensidad de corriente determinada en el diseño, induciendo la posibilidad de obtención de defectos, los cuales son el objeto principal de este documento.

## Preparación de la unión para la obtención de los cupones

Para realizar el proceso de soldeo de los cupones, se procedió a realizar el alistamiento de las planchas a soldar ( $3'' \times 6'' \times 3/8''$ ) según se muestra en la figura 1; realizando el corte con proceso oxiacetilénico, preparando el bisel con pulidora y realizando limpieza de la zona de soldeo con grata de acero. Para el ensamblaje de la junta se hizo necesaria la limpieza superficial de la pieza a una pulgada del borde superior e inferior, de igual forma la alineación de la pieza permitiendo unir las dos partes que la conforman, por medio de grapas según lo ilustrado en la figura 2.

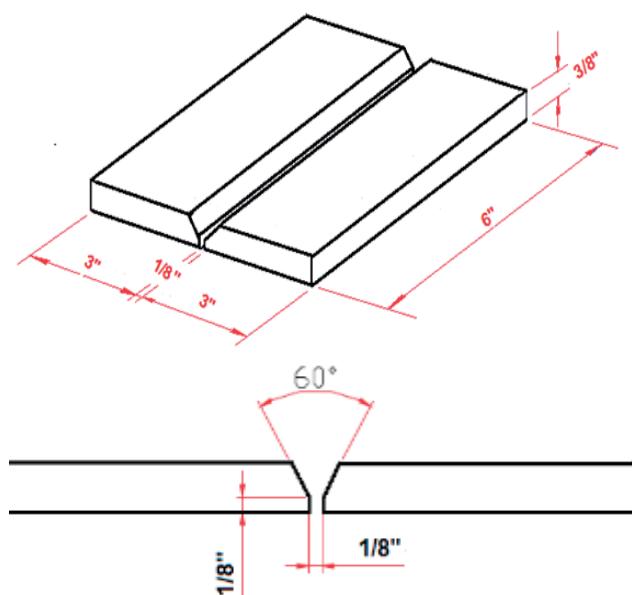


Figura 1. Preparación de los cupones

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Fotografía preparación de los cupones.

Fuente: elaboración propia.

## Procedimiento de aplicación

Con el fin de definir los valores de corriente, se realizaron pruebas preliminares con la misma disposición que los cupones de este artículo; para los cuales con amperajes mayores al 25%, sobre el valor recomendado por el fabricante, se encontraba imposible realizar la unión de los materiales debido a una cantidad de calor tal que fundía excesivamente el material haciendo que este goteara imposibilitando la coalescencia del mismo y por debajo del 25%, del valor recomendado por el fabricante, no se producía arco eléctrico debido ya que la intensidad del amperaje era muy baja para lograrlo.

Por lo tanto, se dispuso realizar la soldadura de los cupones identificados con los números C1, C2, C3, C4 y C5 mediante las variaciones en la intensidad de corriente según las indicaciones de la tabla 2.

## Aplicación de los cordones

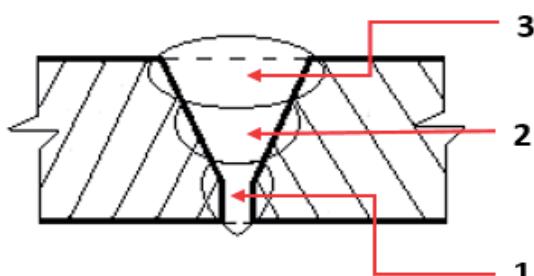
La secuencia de aplicar los pases de los cordones de soldadura a las platinas a unir, colocadas a tope, en una ranura en V, por un solo lado; los tres pases se enumeran así: N° 1 el cordón de raíz, con el N° 2 el cordón de relleno y con el N° 3 el pase de presentación; tal como se indica en la figura 3.

Elaboración de cupones en acero de bajo carbono, mediante proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido,

**Tabla 2.** Especificaciones del tipo e intensidad de corriente por cupón.

Nº CUPON	PASE	ELECTRODO	CORRIENTE			OBSERVACIONES
			TIPO	AMPERAJE DE DISEÑO	AMPERAJE PROPUESTO	
C 1	RAIZ	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	110 - 130	110 - 130	Valores recomendados por el diseño (WPS 001 Proyecto de Grado)
	RELLENO	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	90 - 110	90 - 110	
	PRESNTACION	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	100 -120	100 -120	
C 2	RAIZ	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	110 - 130	93,5 - 110,5	Bajo amperaje 15% por debajo del de diseño
	RELLENO	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	90 - 110	76,5 - 93,5	
	PRESNTACION	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	100 -120	85 - 102	
C 3	RAIZ	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	110 - 130	126,5 - 149,5	Alto amperaje 15% por encima del de diseño
	RELLENO	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	90 - 110	103,5 - 126,5	
	PRESNTACION	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	100 -120	115 - 138	
C 4	RAIZ	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	110 - 130	82,5 - 97,5	Bajo amperaje 25% por debajo del de diseño
	RELLENO	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	90 - 110	67,5 - 82,5	
	PRESNTACION	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	100 -120	75 - 90	
C 5	RAIZ	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	110 - 130	126,5 - 162,5	Alto amperaje 25% por encima del de diseño
	RELLENO	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	90 - 110	112,5 - 137,5	
	PRESNTACION	E-7018 ø 1/8"	DC - EP	100 -120	125 - 150	

Fuente: elaboración propia.



**Figura 3.** Pases de los cordones de soldadura.

Fuente: elaboración propia.

La intensidad de corriente en cada aplicación se controló mediante el botón de ajuste (resolución de 1 Amperio) del equipo (Miller Dynasty 350, debidamente calibrado) según se muestra en la figura 4.

### Inspección visual

La inspección visual se realizó previo, durante y posterior al proceso de soldeo; verificando que los cupones número C1, C2, C3, C4 y C5, estuviesen acorde con lo especificado en el diseño; además de la preparación de la junta, el montaje, alineamiento y limpieza; que los materiales base y de aporte, fuesen los especificados y mantenidos acordes con las indicaciones. Se verificó que el soldador cumpliese con lo indicado en el WPS 01 en cuanto a la aplicación de los pases de raíz, relleno y presentación en la junta; teniendo en cuenta la limpieza entre los cordones, las condiciones eléctricas y las variaciones propuestas al amperaje para cada cupón, la técnica de aplicación de la soldadura; posteriormente se verificó que el

**Figura 4.** Control en el amperaje del equipo Miller Dynasty 350.

Fuente: elaboración propia.



tamaño de la soldadura fuese el indicado y en general que la soldadura cumpla con los criterios de los objetivos propuestos. El proceso de inspección se realizó mediante las directrices indicadas en un procedimiento de inspección visual bajo los lineamientos de AWS B1.11.

### **Inspección por tintas penetrantes**

Para realizar la inspección de las juntas soldadas en los cupones; se procedió a ejecutar un proceso previo de limpieza mediante grata manual, verificando que las áreas adyacentes al cordón de soldadura estuviesen libres de suciedades, grasa u escoria de soldadura. Se empleó en este proceso un removedor.

Una vez dispuestas las superficies, se procedió a aplicar la tinta penetrante visible por ambas caras de los cupones, por proyección del líquido a una distancia promedio de 8" y se esperó un tiempo promedio de penetración de alrededor de 5 minutos cuando se verificó el secado completo de la tinta, se procedió a retirar el exceso de tinta mediante toallas industriales. Posteriormente se aplicó el líquido revelador y al cabo de 15 minutos fue posible realizar una interpretación final de los defectos producidos superficialmente en los cupones. La evaluación de los resultados se realizó a la luz del día. El proceso de inspección se realizó mediante las directrices indicadas en un procedimiento bajo las directrices de AWS D1.1

### **Análisis de los resultados obtenidos por cupón**

#### **Cupón N° C1.**

El cupón en referencia se desarrolló bajo los parámetros de amperaje indicados en el WPS 01, cuyos valores de diseño se mantuvieron sin realizar modificación alguna, a fin de constituirse este, en el cupón de referencia. Los valores de amperaje utilizados respecto al de diseño se indican en la tabla 3.

Como consecuencia de la aplicación de las condiciones establecidas de amperaje; la inspección visual y de tintas penetrantes permiten evidenciar en los cordones del cupón, una fusión normal, una buena presentación de cara y de raíz y una excelente sanidad; lo cual permite inferir que el rango de amperaje establecido en el diseño de la junta fue el adecuado para las condiciones técnicas establecidas. Las siguientes figuras 5 y 6, muestran los resultados obtenidos en el cupón N° C1.

**Tabla 3.** Valores de amperaje cupón N° C1.

Nº CUPON	PASE	CORRIENTE			AMPERAJE UTILIZADO
		TIPO	AMPERAJE DE DISEÑO	AMPERAJE PROPUESTO	
C1	Raiz	DC - EP	110 - 130	110 - 130	118
	Relleno	DC - EP	90 - 110	90 - 110	103
	Presentación	DC - EP	100-120	100-120	114

Fuente: Elaboración propia

**Figura 5.** Fotografía del cupón C1 – Cara.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 6.** Fotografía del cupón C1 – Raíz.



Fuente: elaboración propia.

Elaboración de cupones en acero de bajo carbono, mediante proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido,

### Cupón N° C2.

Este cupón se desarrolló alterando las condiciones de amperaje, el cual se redujo en un 15% respecto a los valores de diseño, tal como se indica en la tabla 4.

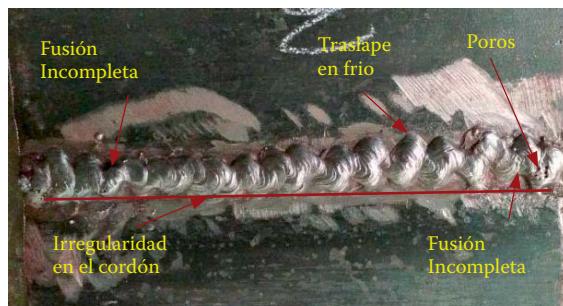
Las figuras 7 y 8, muestran los resultados obtenidos en la cara y en la raíz del cupón N° C2.

**Tabla 4.** Valores de amperaje cupón N° C2.

Nº CUPON	PASE	CORRIENTE		
		TIPO	AMPERAJE DE DISEÑO	AMPERAJE PROPUESTO
C2	Raiz	DC - EP	110 - 130	93,5 - 110,5
	Relleno	DC - EP	90 - 110	76,5 - 93,5
	Presentación	DC - EP	100 - 120	85 - 102
				93

Fuente: elaboración propia.

**Figura 7.** Fotografía del cupón C2 – Cara.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 8.** Fotografía del cupón C2 – Raíz.



Fuente: elaboración propia.

Los procesos de inspección visual y de tintas penetrantes indican la presentación de las siguientes anomalías:

- Traslape en la cara y la raíz (llenado incompleto).
- Falta de penetración en la raíz.
- Fusión incompleta en el borde de la cara y en la raíz.
- Mal aspecto del cordón superficial (cara) y de raíz.

### Cupón N° C3.

Este cupón se desarrolló alterando las condiciones de amperaje, el cual se aumentó en un 15% respecto a los valores de diseño, tal como se indica en la tabla 5.

Las figuras 9 y 10, muestran los resultados obtenidos en la cara y en la raíz del cupón N° C3.

**Tabla 5.** Valores de amperaje cupón N° C3.

Nº CUPON	PASE	CORRIENTE		
		TIPO	AMPERAJE DE DISEÑO	AMPERAJE PROPUESTO
C3	Raíz	DC - EP	110 - 130	126,5 - 149,5
	Relleno	DC - EP	90 - 110	103,5 - 126,5
	Presentación	DC - EP	100 - 120	115 - 138
				123

Fuente: elaboración propia.

**Figura 9.** Fotografía del cupón C3 – Cara.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 10.** Fotografía del cupón C3 – Raíz



Fuente: elaboración propia.

Los procesos de inspección visual y de tintas penetrantes indican la presentación de las siguientes anomalías:

- Socavado en la cara y en la raíz del cordón.
- Sobre espesor en el borde de la cara y en la raíz del cordón
- Distorsión angular
- Salpicaduras en la cara.
- Mal aspecto del cordón superficial (cara) y de raíz.

### Cupón N° C4.

Este cupón se desarrolló alterando las condiciones de amperaje, el cual se redujo en un 25% respecto a los valores de diseño, tal como se indica en la tabla 6.

Las figuras 11 y 12, muestran los resultados obtenidos en la cara y en la raíz del cupón N° C4.

Los procesos de inspección visual y de tintas penetrantes indican la presentación de las siguientes anomalías:

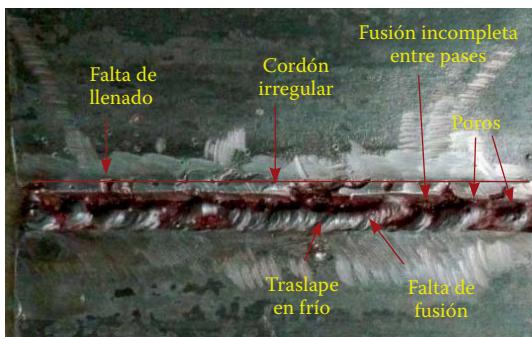
- Traslape en frío el borde de la cara.
- Fusión incompleta entre pases de soldadura.
- Falta de fusión en el borde de la cara de la soldadura.
- Penetración incompleta en la raíz.
- Poros.
- Mal aspecto del cordón superficial (cara) y de raíz.

**Tabla 6.** Valores de amperaje cupón N° C4.

Nº CUPON	PASE	CORRIENTE		
		TIPO	AMPERAJE DE DISEÑO	AMPERAJE PROPUESTO
C4	Raíz	DC - EP	110 - 130	82.5 - 97.5
	Relleno	DC - EP	90 - 110	67.5 - 82.5
	Presentación	DC - EP	100 - 120	75 - 90

Fuente: elaboración propia.

**Figura 11.** Fotografía del cupón C4 – Cara.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 12.** Fotografía del cupón C4 – Raíz.



Fuente: elaboración propia.

### Cupón N° C5.

Este cupón se desarrolló alterando las condiciones de amperaje, el cual se aumentó en un 25% respecto a los valores de diseño, tal como se indica en la tabla 7.

Las figuras 13 y 14, muestran los resultados obtenidos en la cara y en la raíz del cupón N° C5.

Los procesos de inspección visual y de tintas penetrantes indican la presentación de las siguientes anomalías:

Elaboración de cupones en acero de bajo carbono, mediante proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido,

**Tabla 7.** Valores de amperaje cupón N° C5.

Nº CUPON	PASE	CORRIENTE		
		TIPO	AMPERAJE DE DISEÑO	AMPERAJE PROPUESTO
C5	Raíz	DC - EP	110 - 130	126.5 - 162.5
	Relleno	DC - EP	90 - 110	112.5 - 137.5
	Presentación	DC - EP	100 - 120	125 - 150

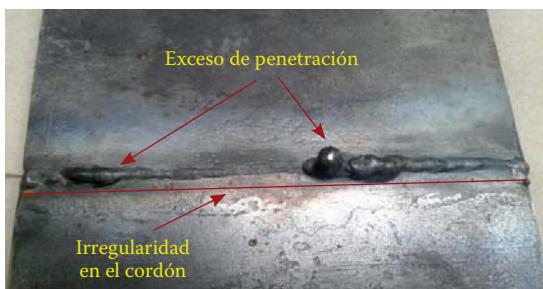
Fuente: elaboración propia.

**Figura 13.** Fotografía del cupón C5 - Cara



Fuente: elaboración propia.

**Figura 14.** Fotografía del cupón C5 – Raíz.



Fuente: elaboración propia.

- Socavado en el borde de la cara y en la raíz
- Sobre espesor en el cordón de cara.
- Distorsión angular.
- Salpicaduras excesivas.
- Porosidad alineada.
- Mal aspecto del cordón superficial (cara) y de raíz.

A continuación, se resumen las imágenes tomadas de los cupones C2, C3, C4 y C5, de cara y de raíz, y las discontinuidades y defectos encontrados en cada uno de ellos.

**Figura 15A.** Imágenes tomadas de los cupones C2.



Defectos encontrados por inspección con tintas penetrantes:

- Fusión incompleta
- Irregularidad en la cara
- Traslape en frío
- Poros

**Figura 15B.** Imágenes tomadas de los cupones C2.



Defectos encontrados por inspección con tintas penetrantes:

- Falta de penetración
- Traslape en frío
- Falta de fusión

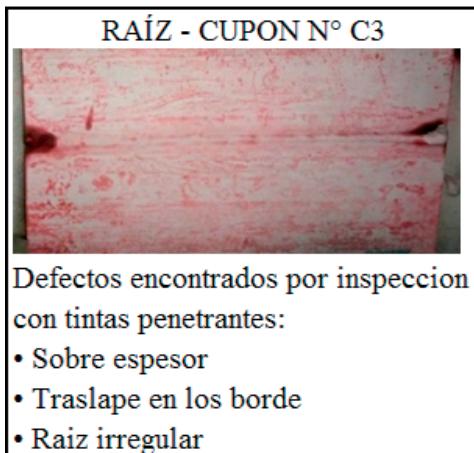
**Figura 15C.** Imágenes tomadas de los cupones C3.



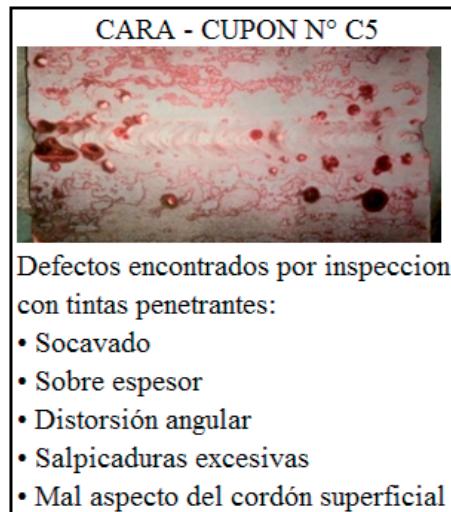
Defectos encontrados por inspección con tintas penetrantes:

- Falta de llenado en el borde
- Socavados
- Sobre espesor

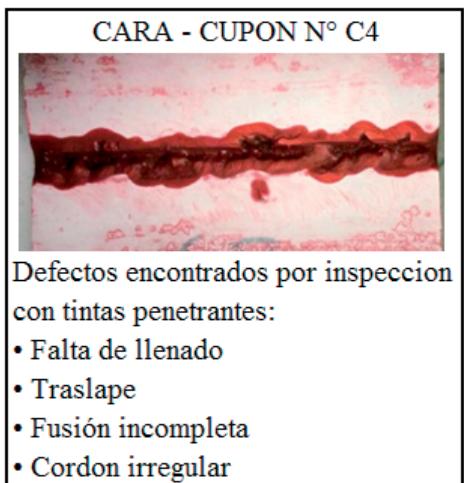
**Figura 15D.** Imágenes tomadas de los cupones C3.



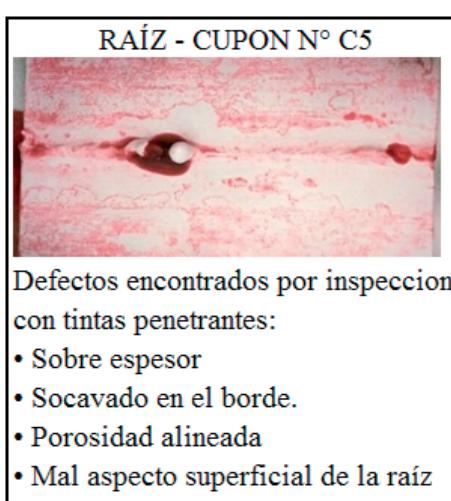
**Figura 15G.** Imágenes tomadas de los cupones C5.



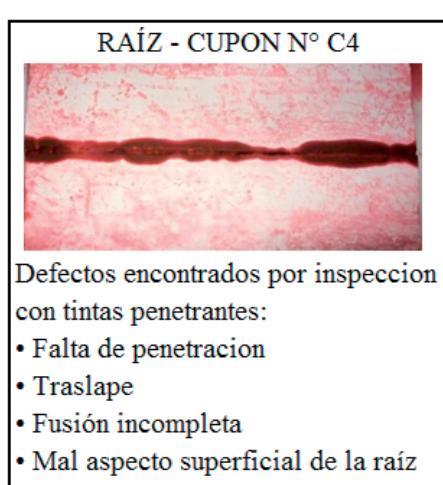
**Figura 15E.** Imágenes tomadas de los cupones C4.



**Figura 15H.** Imágenes tomadas de los cupones C5.



**Figura 15F.** Imágenes tomadas de los cupones C4.



Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

La experiencia desarrollada en el proceso de diseño de la junta soldada, el manejo de las variables de proceso y la inducción de discontinuidades en los cupones objeto de análisis; permitió que aprendices e instructores participaran activamente, realizaron aportes y finalmente validaron desde el punto de vista práctico el proyecto como una herramienta pedagógica susceptible de ser implementada en los procesos de formación.

La realización de inspecciones por métodos visuales y tintas penetrantes a los cupones identificados con los números C1, C2, C3, C4 y C5, permiten concluir en primera instancia que el diseño de junta y el WPS elaborado para la misma en el presente proyecto, cumplen con las características físicas especificadas; la aplicación de la variación en el amperaje redundó en la calidad de la presentación de los cordones.

Como era de esperarse, se observó que existe una proporcionalidad directa entre el amperaje (cantidad de calor aportada) y la velocidad o rata de deposición.

El incremento al 15% (medio) y al 25% (alto) en el amperaje, además de alterar proporcionalmente la deposición de soldadura, altera la calidad superficial (entre otras propiedades) del cordón realizado, generando proporcionalmente discontinuidades como: socavado, sobre espesor, distorsión, salpicadura y porosidad.

El decremento al 15% (medio) y al 25% (bajo) en el amperaje, además de alterar de manera inversamente proporcional la deposición de soldadura, altera la calidad superficial del cordón realizado (entre otras propiedades) generando a su vez y de manera inversa discontinuidades como: concavidad, traslape, falta de fusión, penetración excesiva y presentación

La reducción en el valor de amperaje manifiesta una abrupta caída en la calidad superficial de los cordones particularmente en el cupón N° 4 en el cual se redujo el amperaje en 25% del valor de WPS

La alteración en los valores del amperaje demanda una mayor destreza en la aplicación del cordón por parte del soldador, sobre todo en el decremento en los valores de la intensidad de corriente utilizada que se manifiesta entre otros aspectos por la dificultad en el mantenimiento del arco eléctrico; aunque la destreza difícilmente pueda compensar las dificultades presentadas por la reducción en la entrada de calor.

## Recomendaciones

En referencia a lo anteriormente expuesto, se pueden realizar los siguientes aportes:

Se recomienda dar continuación al presente proyecto a fin de poder consolidar la propuesta de desarrollar material didáctico a partir de cupones soldados en platina de acero de bajo carbono, mediante proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido (SMAW); de manera que sean los mismos aprendices quienes puedan proponer variables de estudio y encontrar así metodologías propias para correlacionar los resultados obtenidos.

Implementar un banco de cupones en el cual se pueda archivar y documentar el historial (WPS) y los resultados de inspección; de manera que se pueda realizar un seguimiento a la efectividad de esta herramienta didáctica.

Aplicar esta propuesta de formación a los aprendices con la que se fortalezca el saber – hacer y el saber-ser en concordancias con las competencias del programa de formación titulada “Soldadura de productos metálicos (platina)”.

## Referencias bibliográficas

- Arco, S. W. (n.d.). Catalogo de Productos.
- ASTM. (2014). *Standard Specification for carbon Structural Steel (A36/A36M-14)*.
- AWS. (2010). *Standard Welding Terms and Definitions; Including Terms for Adhesive Bonding, Brazing, Soldering, Thermal Cutting, and Thermal Spraying*. AWS A3.0M/3.0 .
- AWS. (2012). *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding. ANSI/AWS A5.1*. Florida.
- AWS. (2012). *Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination*. A2.4.
- AWS. (2015). *Structural welding code-Steel. AWS D1.1M/D1.1*.

- Company, T. L. (1994). *Procedure Handbook of Arc Welding*. Cleveland: The Lincoln Electric Company.
- Horwitz, H. (2008). *SOLDADURA: Aplicaciones y Práctica*. México: Alfaomega .
- Jeffus, L. (2012). *Welding and Metal Fabrication*. Clifton Park: DELMAR.
- Jeffus, L. (2012). *Welding: Principles and Applications*.Clifton Park: DELMAR.
- Jimenez, J. L. (2012). Estandarización de Procesos de Soldadura, Para Mejorar la Competitividad. *Metal Actual* , 8.
- Novoa L., G. A. (2014). Manual Proyecto Educativo Institucional. PEI. Gestión de Formación Profesional Integral SENA. Bogotá, Colombia .
- Woods, G., & Jefferson, T. B. (1962). *Metals and How to Weld Them*. Cleveland: The James F. Lincoln Arc Welding Foundation.