

**Sistema de Monitoreo y Control de Stick Out en El Proceso de Enseñanza de Soldadura Manual**

Rodríguez Miguel, Oropeza Argelia, Aguilera Asdrúbal, Chacón Carlos Departamento de Tecnología Industrial  
Universidad Simón Bolívar  
[mirodriguez@usb.ve](mailto:mirodriguez@usb.ve)

<b>Recibido: 25-07-2013</b>	<b>Aceptado: 30-08-2013</b>
-----------------------------	-----------------------------

**RESUMEN**

En el marco del desarrollo e independencia de las tecnologías del país los procesos de enseñanza técnicas deben ser orientados a la eficiencia en el aprendizaje, perfeccionamiento de las habilidades y reducir costo. La soldadura es una de las tecnologías que ha sido descuidada durante su enseñanza, aunque es de suma importancia en la industria y la construcción. Al igual que un piloto de avión, un buen soldador debe tener muchas horas de prácticas, estas horas implican un consumo de material y energía eléctrica significativa. El objetivo principal de proyecto de investigación es implementar y probar un equipo que monitoree y condicione el movimiento del operador para mantener la distancia debida entre el electrodo y la pieza a soldar, stick out. El equipo detecta la corriente y voltaje en el proceso de soldadura y con una alarma sonora avisa al operador si se aleja del rango óptimo de operación del stick out. El stick out se debe mantener entre 15 y 20 mm generalmente. Estar por debajo o encima de estos valores genera una soldadura de mala calidad y un gasto de energía considerable. Al utilizar un microprocesador para el monitoreo y control se espera reducir el número de horas en el proceso de aprendizaje hasta en un 50%. Además, el dispositivo puede ser utilizado periódicamente para calificar la soldadura de soldados ya experimentados, así como un re-entrenamiento.

**Palabra clave:** Monitoreo; control stick out; soldadura manual

## **System of Monitoring and Stick's Control Out in The Process of Education of Manual Weld**

### **Abstract**

In the frame of the development and independence of the technologies of the country the processes of education technologies must be orientated to the efficiency in the learning, development of the skills and reduce cost. The weld is one of the technologies that have been neglected during his education, though it performs supreme importance in the industry and the construction. As a pilot of plane, a good welder must have many hours of practices, these hours imply a consumption of material and significant electric power. The principal aim of project of investigation is to help and to prove an equipment that I monitored and determine the movement of the operator to support the distance owed between the electrode and the piece to welding, stick out. The equipment detects the current and voltage in the process of weld and with a sonorous alarm it warns the operator if it moves away from the ideal range of operation of the stick out. The stick out must be kept between 15 and 20 mm generally. To be for below or on these values generates a weld of bad quality and an expense of considerable energy. On having used a microprocessor for the monitoring and control expects to reduce the number of hours in the learning process up to in 50 %. In addition the device can be used from time to time to qualify the weld of already experienced welders, as well as a re-training.

**Key word:** Monitoring; control stick out; manual weld.

## Introducción

Usar bien una herramienta depende de la destreza del individuo. Ésta se logra con la repetición de un procedimiento de manera correcta. La destreza se adquiere a partir de habilidades cognitivas, de interacción y comunicación. Un alumno aprenderá una técnica a partir del conocimiento, las indicaciones y correcciones que el instructor le transmita. El perfeccionamiento de la técnica dependerá del número de repeticiones y correcciones que el individuo tenga.

Durante el aprendizaje a soldar con electrodo recubierto, un factor importante es controlar la distancia entre el electrodo y el material base, conocido como *stick out*, un soldador experimentado es capaz de mantener el *stick out* de manera constante mientras realiza el cordón de soldadura. Si el proceso de aprendizaje de soldadura manual es lento, el gasto energético es muy grande ya que el alumno debe realizar más repeticiones. Por otro lado, el instructor debe estar observando y corrigiendo al alumno, lo que implica que está expuesto al calor y radiaciones que emite la soldadura de arco eléctrico, esta exposición se repite con cada estudiante que tenga en el taller, lo que puede implicar un grave problema de salud. Los motivos expuestos anteriormente son suficiente para pensar en la creación de un interfaz de monitoreo y control del *stick out* que es instalada en la máquina de soldar y envía datos a un computador, con la finalidad de analizar la calidad del proceso de soldadura y al mismo tiempo esta interfaz corrige la distancia del electrodo emitiendo una señal audible al alumno, proceso que emula la participación del instructor. Con este dispositivo electrónico se puede descartar la presencia del instructor durante el proceso de aprendizaje.

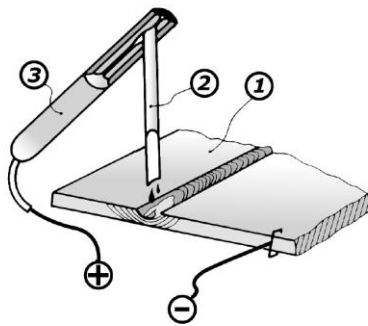
Los datos obtenidos durante el proceso de soldadura servirán para caracterizar la calidad de la soldadura y al mismo tiempo observar el avance de aprendizaje, tema que queda fuera de este trabajo debido a que hay que coleccionar diferentes datos y hacer un seguimiento de tiempo.

Este artículo se encuentra estructurado de la siguiente manera:

### Soldadura de arco eléctrico

Es una de las técnicas más utilizadas en la industria. Existen diferentes tipos de soldaduras por arco eléctrico, pero la más común es la de electrodo recubierto. Con un voltaje adecuado y una alta intensidad eléctrica, (definida por el electrodo) se logra fundir y unir por temperatura dos piezas metálicas. Figura 1. El electrodo es sujetado por una antorcha que está aislada para la protección del soldador. El proceso de soldadura comienza con el calentamiento del electrodo, el material de recubrimiento genera una capa de gas que ioniza el ambiente ayudando a que el arco eléctrico se produzca y mantenga, además el residuo del recubrimiento genera una escoria que protege el material de la unión. Durante el proceso de soldadura el soldador debe avanzar el electrodo para generar el cordón de unión y al mismo tiempo debe mantener el stick out casi constante (Figura 2). El arco eléctrico se puede extinguir debido a que la distancia del electrodo al material base es muy grande o porque el mismo toca al material base produciendo un corto eléctrico. En este caso el stick out es pequeño. El valor de esta distancia debería estar entre 15 y 20 mm aproximadamente.

**Figura 1. Soldadura con electrodo recubierto: (1) material base, (2) electrodo y (3) Antorcha, tomada de Rodríguez P.C. 2001.**



En la guía de soldadura del fabricante del equipo de soldar Miller 2005, se muestran los pasos básicos para realizar una soldadura de calidad:

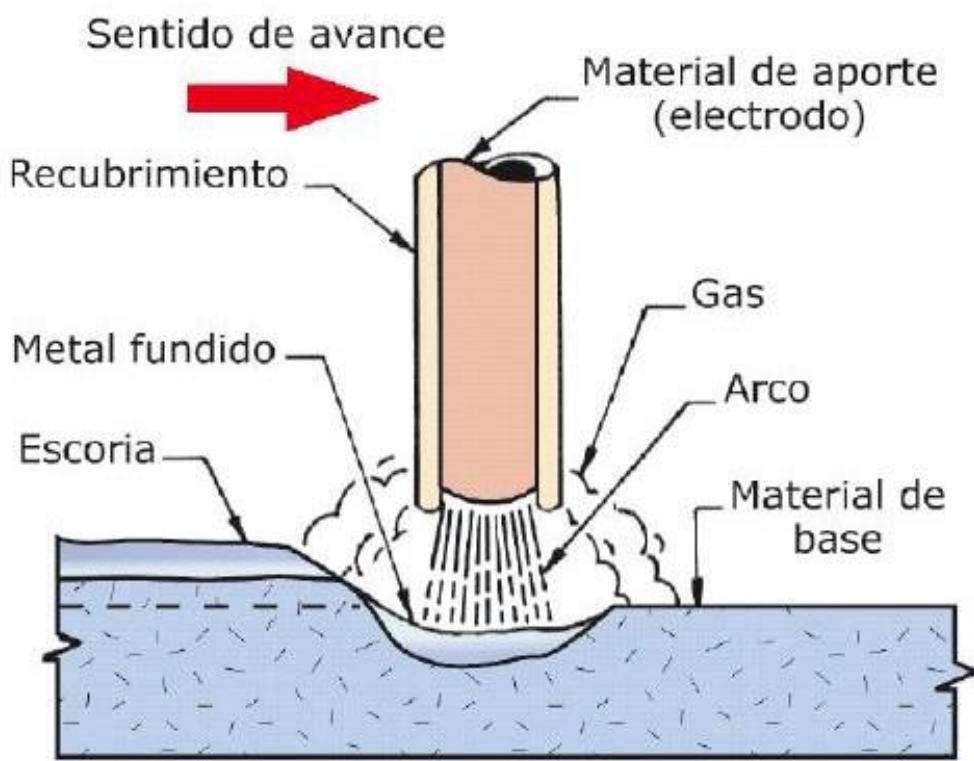


Figura 2. Proceso de soldadura, tomada de Rodríguez P.C. (2001).

Posición, postura, intensidad eléctrica, movimiento de avances, entre otros. Un término importante es la intensidad de corriente eléctrica a través del electrodo. Cada tipo de electrodo tiene como parámetro una corriente eléctrica definida. El problema es ajustar esa corriente eléctrica en la máquina de soldar, el ajuste se realiza en una perilla con graduación no muy exacta, la cual varía dependiendo de la antigüedad de la máquina y su vida útil. En la Figura 3, las dos primeras soldaduras son aceptables, pero las siguientes soldaduras presentan deficiencias, en este caso las deficiencias son debido a la cantidad de corriente eléctrica que ha sido seleccionada en la máquina de soldar, así que un problema al momento de soldar es saber si el amperaje de la máquina está debidamente seleccionado, un soldador experimentado puede corregir dicho ajuste simplemente después de hacer un cordón de prueba.



**Figura 3. Calidad de soldaduras dependiendo de la intensidad eléctrica**  
**Sistema de Monitoreo y Control**

En esta sección se describe la estructura y funcionamiento del dispositivo electrónico para monitorear y controlar el *stick out*, en el proceso de soldadura manual. Para este trabajo el dispositivo que fue implementado sobre una tarjeta de desarrollo comercial. Los fabricantes de microcontroladores proveen tarjetas electrónicas con un conjunto básico de elementos para que el microcontrolador funciones y los desarrolladores puedan construir prototipos de la manera rápida y segura. En este caso se utilizó la tarjeta de desarrollo “dspic started” para el microcontrolador dspic30f2010 de la compañía Microchip (Microchip, 2012). Pero independiente de la tarjeta de desarrollo, el dispositivo está compuesto por 3 etapas de circuitos electrónicos, que, al ser conectado a una máquina de soldar, tendrá como salida, un sistema de alarma sonora, que ayuda a corregir la postura del electrodo. Y además se podrá conectar a un computador personal donde será registrada y analizada el voltaje y corriente durante el proceso de soldadura, con la finalidad de calificar la calidad de la soldadura (Figura 4).

El dispositivo está compuesto por una etapa de sensores o transductores, una etapa de filtrado y la etapa del microcontrolador, el cual es el corazón del sistema.



Figura 4. Estructura del dispositivo electrónico para el monitoreo y control del *stick out*

### Sensores

El dispositivo diseñado debe ser lo menos invasivo con respecto a la máquina de soldar, además hay que asegurar protección contra descargas eléctricas al usuario y al computador que será conectado. Por eso se utilizarán sensores de inducción magnética que aislarán al usuario con respecto a la red de energía eléctrica hasta 3000 voltios. Se utilizará un transductor de corriente, que funciona con el principio del efecto (Hall, Ramsden Ed. 2006). Lo importante de este sensor es que no hay que interferir en el conductor eléctrico. Simplemente se coloca un alrededor del conductor un anillo de material magnético que medirá la corriente, por supuesto, el equipo tendrá como aislante el aire y el materia plástico que aísla el cable, asegurando hasta 3000 voltios de protección. Por parte del sensor, medirá el voltaje entre el electrodo y el material base, utilizando un transformador con relación 10:1, de esta manera el voltaje se verá reducido en una décima parte, además el transformador protegerá al usuario hasta 3000 voltios.

### Filtros Activos

Esta etapa del dispositivo está compuesta por amplificadores operacionales de precisión en configuración de filtro activo pasa bajo, eliminando las frecuencias por encima de 240 Hertz, esta frecuencia de corte asegura que los datos obtenidos estén limpios de picos o interferencias. De esta manera se asegura una buena recolección de datos, Smith S. (2001), indica los parámetros a tomar para calcular la frecuencia de corte de los filtros activos.

## Microcontrolador

Con el avance de la electrónica digital, circuitos electrónicos integrados han sido diseñados para realizar una tarea en específico. Lo mismo ha ocurrido en la rama de procesadores o controladores, los fabricantes han diseñado microcontroladores que están dedicados para trabajar en una gama de tareas. De esta manera, se ahorra tiempo y recurso a los ingenieros. Para este trabajo se seleccionó un microcontrolador de la familia DSPIC de Microchip. Estas familias de microcontroladores de 16 bit han sido fabricados con instrucciones de procesamiento digital de señales y además son dedicados a ciertas tareas, En este caso se usa el DSPic30f2010 el cual posee entradas analógicas digitales y detectores de fases que permiten trabajar con señales con características de la línea de transmisión AC de energía eléctrica. Además, posee una unidad de comunicación serial, UART la cual permite enviar datos a un computador. Y por último posee salidas moduladas en pulsos que pueden ser utilizadas para generar diferentes tonos audibles que se utilizarán para corregir el *stick out*, mientras se está realizando el proceso de soldadura. En Microchip 2008 están todas las características del microcontrolador detalladas.

## Salidas del dispositivo

Como una interfaz el dispositivo tendrá dos salidas, la primera es una señal audible que le indicará al usuario si el *stick out* es muy grande o si es muy pequeño, esta señal audible servirá de corrección de la posición del electrodo, cerrando el control en el proceso de aprendizaje de la soldadura manual. La otra salida que posee el dispositivo es una conexión serial USB a un computador. Donde la data será registrada para ser analizada fuera de línea, es decir después de culminado el proceso de soldadura. Esta información le indicará al estudiante y al instructor los avances en el aprendizaje de la destreza manual. Además se podrá tener una base de datos que ayudará en el estudio sobre la velocidad de aprendizaje y la cantidad de energía utilizada en el proceso.

## Monitoreo de voltaje y corriente

El dispositivo monitorea las señales de voltaje y corriente eléctrica de manera automática, Esto se puede realizar porque cuando no se está soldando el voltaje es constante, debido a que el circuito eléctrico no está cerrado, el valor de este voltaje es alrededor de 60 voltios. Cuando se cierra el circuito al tocar el electrodo con el material base, el voltaje cae alrededor de los 20 voltios. Es en este momento que el microcontrolador comienza a registrar las señales y a enviarlas al computador. En la Figura 5 se observa el rango de operación del proceso de soldadura el cual depende de la distancia. El rango de corriente es más pequeño, a pesar de estar en los valores nominales de soldadura, que son elevados.

## Procedimientos realizados por la Interfaz

El dispositivo electrónico realizará dos procedimientos, el primero es indicar si la intensidad de corriente eléctrica es la nominal para el tipo de electrodo usado. Y el siguiente procedimiento es determinar el *stick out* y enviar una señal de corrección al usuario. Criterio para determinar la corriente adecuada

En muchas máquinas de soldar es difícil determinar la corriente nominal, esto es debido a que por abaratar el costo del equipo solo hay una manilla mecánica con una graduación no muy exacta debido al uso de la máquina. El usuario deberá seleccionar la corriente adecuada dado el tipo de electrodo si la corriente es baja o muy alta la calidad de la soldadura se verá afectada, por lo tanto, la interfaz realizará el siguiente procedimiento: Se introduce el tipo de electrodo en el computador, se pide al usuario realizar un cordón de prueba, El computador compara la corriente medida con la corriente



nominal que indica el fabricante del electrodo.

Dependiendo del perfil dado por el fabricante el computador indicará al usuario si la corriente eléctrica es muy baja o alta.

Este procedimiento se repetirá las veces necesarias hasta tener una buena corriente, de esta manera la interfaz ayuda al aprendiz a tener bien ajustada una máquina para poder realizar una buena soldadura.

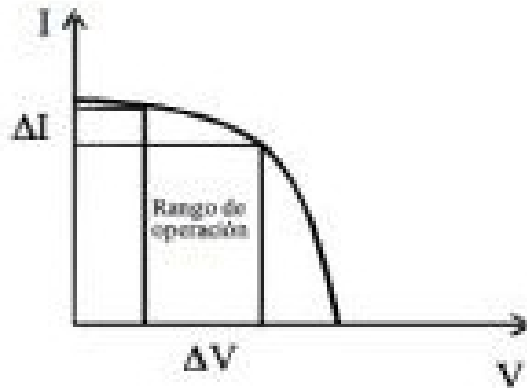


Figura 5. Proceso de soldadura

### Criterio de la alarma para el stick out

Para este procedimiento primero se debe indicar el computador el tipo de máquina de soldar, ya que los valores de voltajes dependerán de la marca y modelo. En este caso se utilizó una máquina Lincon modelo AC-255, la cual posee un voltaje a circuito abierto de 40 voltios, con un voltaje nominal de trabajo de 20 voltios y un rango de operación de 10 voltios. El microcontrolador ejecutará el siguiente procedimiento: a) selección del modelo de la máquina en el computador; b) medición del voltaje, asegurando que el mismo esté dentro del rango de trabajo; c) si el voltaje se encuentra por encima o por debajo del rango de trabajo por más de un segundo una alarma sonora se encenderá.

Si el voltaje vuelve al rango de trabajo se apaga la señal audible.

Este procedimiento ayudará al usuario a corregir su postura.

## Resultados y Discusión

Utilizando el prototipo se ajustó la corriente eléctrica y luego se procedió a realizar la soldadura.

En este experimento hubo cuatro usuarios, dos expertos y dos aprendices, cada uno de los usuarios realizó un cordón y los datos fueron registrados. A continuación, se presentan los resultados en la Figuras 6 y 7. La Figura 6 se observa el proceso de calibración de la corriente eléctrica en la máquina de soldar, a propósito, se seleccionó una corriente baja y una muy alta para observar el funcionamiento del dispositivo.

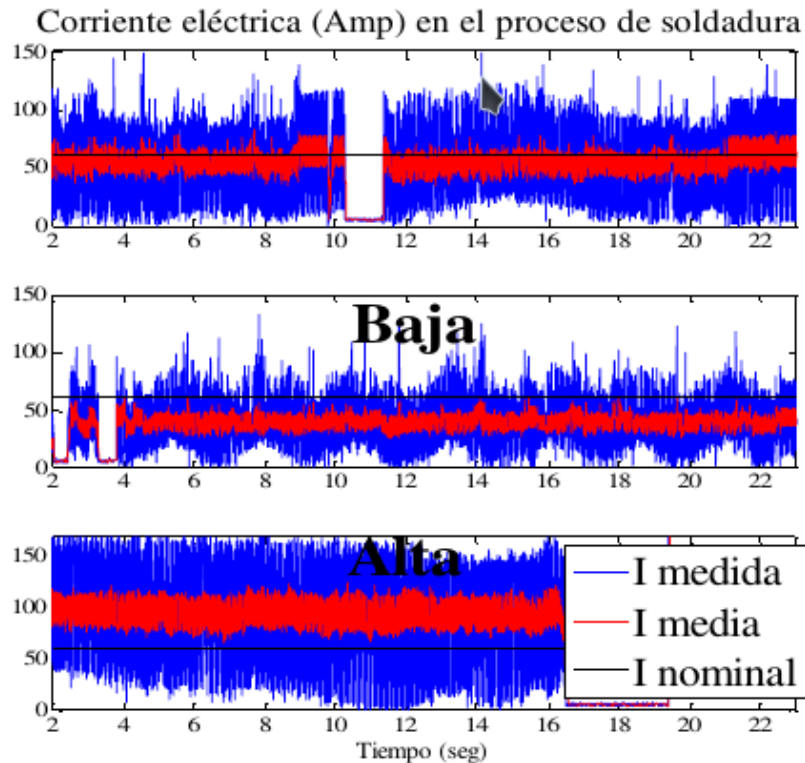


Figura 6. Ajuste de la corriente eléctrica en el proceso de soldadura

Figura 6. Ajuste de la corriente eléctrica en el proceso de soldadura

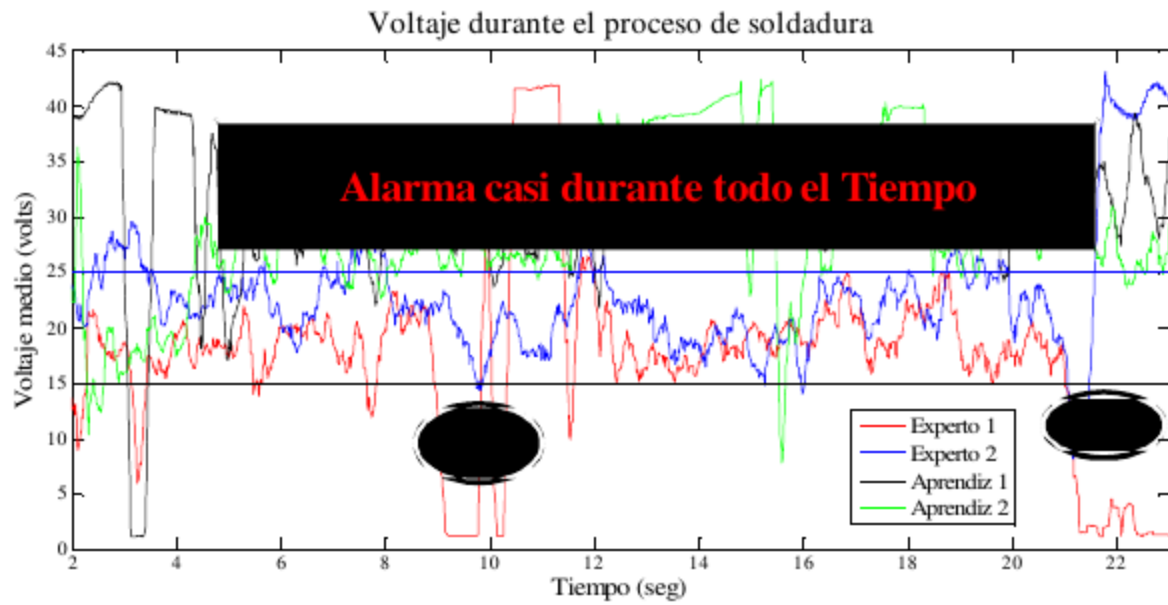


Figura 7. Registro del proceso de soldadura para cuatros individuos

## **Conclusión**

Este trabajo presenta un dispositivo que es capaz de monitorear y controlar el proceso de soldadura. Las señales recolectadas son enviadas a un computador donde son analizadas fuera de línea para indicar si debe ajustarse o no la intensidad eléctrica. Durante el proceso de soldadura dos alarmas auditivas indican al usuario que se está alejando o acercando al material base, con estas alarmas el dispositivo emula las intervenciones del instructor, obligando al aprendiz a corregir el *stick out*. Con el uso del dispositivo se reduce la cantidad de exposición de radiaciones emitidas durante la soldadura.

La información recolectada servirá para supervisar el avance del aprendizaje en el proceso de soldadura. Se utilizará una base de datos para poder proyectar los resultados sobre la velocidad de aprendizaje y el ahorro del consumo de energía. Esta actividad está enmarcada en los ítems como trabajos futuros, además se desea integrar el dispositivo junto con un simulador virtual de soldadura para crear un laboratorio de entrenamiento y perfeccionamiento de soldadura.

## **Agradecimiento**

A la Unidad de Laboratorio G de la Universidad Simón Bolívar por prestar los espacios y los equipos para la realización de este proyecto.

## **Referencias Bibliográficas**

Microchip, C. (2008). Dspic30f2010 Datasheet. Microchip Company, [en línea]. Recuperado en Mayo 2012, de [http:// www.microchip.com](http://www.microchip.com)

Miller, C. (2005). Guideline Stick (SMAW) welding. Miller Company, [en línea]. Recuperado en Enero 2012, de <http://www.millerwelds.com>

Ramsden, E. (2006). Hall-effect sensors: theory and applications. 2<sup>a</sup> edición. Elsevier, [en línea]. [http:// wwwbookselsevier.com](http://www.bookselsevier.com)

Rodríguez, P.C. (2001). Manual de soldadura, soldadura eléctrica, MIG y TIG. 1<sup>ra</sup> edición. Editorial Alsina. Buenos Aires, Argentina.

Smith, S. W. (2001). The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. Ebook, [en línea]. Recuperado Junio 2012, de [http:// www.dspguide.com](http://www.dspguide.com)