

# Metodología de diseño de fuentes de soldadura por arco eléctrico

Eneldo López M.\*, Mariano Zerguera I. \*\*  
Alexis Martínez del S.\*\*\*, Vicente Cantú G.\*\*\*

## Resumen

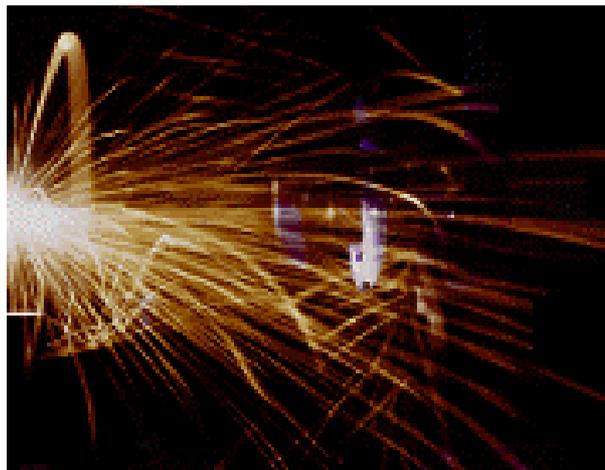
*This paper presents the development of an integral methodology for the design of Sources of electric arc-welding and its corresponding software in Borland Delphi in windows '95 which permits a highly accurate estimation, re-estimation and selection of different elements with economic criteria taking into account the peculiarities of the welding process.*

## INTRODUCCIÓN

La soldadura como proceso de unión de metales es muy antigua. Su inmediata aplicación estuvo condicionada por el propio desarrollo industrial y las necesidades de realizar construcciones soldadas, con gran rapidez y calidad, para facilitar cada vez más el proceso de fabricación, garantizándose la disminución del costo, la seguridad, fiabilidad y la resistencia ante las condiciones de trabajo impuestas. Esto provocó el surgimiento y desarrollo de numerosos procesos de soldadura.

Debido a las grandes ventajas que ofrece el arco eléctrico, como fuente de calor para la soldadura, por su gran concentración de calor, alta capacidad penetrante, relativamente bajo costo, entre otros factores, se han desarrollado diversos procesos de soldadura manuales, semiautomáticos y automáticos, en los cuales ocurren una serie de fenómenos electrofísicos diferentes relacionados con la conducción de corriente a través de portadores de carga, los mismos se mueven bajo la presencia de una fuente de corriente de determinadas particularidades, provocando magnitudes medibles tales como: voltaje de arco, intensidad de soldadura, entre otras.

La energía para la realización de la soldadura por arco se obtiene a través de la red eléctrica, o generándola localmente. Sin embargo es imposible



soldar directamente de la red industrial debido a la alta demanda de las mismas, lo cual trae problemas en la operación estable del sistema, siendo necesario emplear una fuente de soldadura para lograr la característica volt-ampérica deseada de acuerdo con el proceso de soldadura en particular.

La soldadura se encuentra en la generalidad de las actividades técnico- económicas, presentándose en variadas escalas y niveles, soldadores aislados que contribuyen a garantizar reparaciones menores de uno u otro equipo y colectivos obreros que ejecutan obras decisivas para el desarrollo económico y social, desde la simple unión de dos piezas, hasta la ejecución de estructuras metálicas en las cuales se requiere una elevada calidad de la soldadura.

\*

Jefe del Departamento de Electroenergética,  
Universidad Central de las Villas, Cuba.

\*\* Investigador C., Departamento de Ingeniería  
Mecánica Eléctrica, Universidad Guadalajara.

\*\*\* Coordinador de Potencia Eléctrica de la FIME-  
UANL.

En los países desarrollados la soldadura se encuentra en un desarrollo sostenido por el incremento de la productividad del trabajo y la disminución de los costos de producción. La industria moderna exige, de los centros de investigación y desarrollo, la obtención de los materiales y el equipamiento de soldadura fiable y en correspondencia con las nuevas condiciones de producción, para lograr procesos y metales de aportación, que garanticen las nuevas exigencias de los procesos productivos actuales, incrementando así la automatización y mecanización industrial.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Actualmente para acometer trabajos de soldadura complejos y en condiciones difíciles, se emplean procesos semiautomáticos y automáticos, fundamentalmente, para la unión de partes o el relleno superficial de piezas de gran volumen, estimándose un incremento acelerado en la utilización de los mismos.

Tomando como referencia datos de ventas de la industria de soldadura de los EEUU. y los pronósticos de empleo de los procesos de soldadura hasta el año 2000, se evidencia un aumento de la demanda de fuentes para los procesos de soldadura por arco semiautomáticos y automáticos con el empleo de gases protectores.

Algunos especialistas en el campo de la soldadura por arco plantean que bajo el término proceso estable de soldadura se comprende, aquel que garantiza la obtención de una unión de calidad en cuanto a su formación, con una superficie plana y prácticamente constante para toda su longitud y con todos sus parámetros geométricos. Existen discusiones sobre si se puede asociar el concepto de

estabilidad a la variación de los parámetros eléctricos del arco en el tiempo (corriente de soldadura y tensión de arco); pues se conoce que uno de los procesos de soldadura actuales se realiza con cortocircuitos y se pueden obtener uniones con buena apariencia. Por otra parte la variación de los parámetros eléctricos sí influye en la forma del cordón, por cuanto registrarlos permitirá la realización de su corrección ante cualquier perturbación en caso necesario.

El registro de los parámetros eléctricos del arco, para evaluar la estabilidad en presencia de todos los factores influyentes es un aspecto novedoso, ya que a partir de las características dinámicas y estáticas del arco eléctrico se puede evaluar la estabilidad, las fuentes y el equipamiento de soldadura análogamente al registro que extrae un médico del cardiograma hecho a su paciente.

En el presente trabajo para realizar el monitoreo de las señales del arco se desarrolló un sistema de adquisición de datos compuesto por sensores, tarjetas de acondicionamiento de señales con una alta razón de rechazo al modo común, filtros analógicos para la eliminación de las frecuencias no deseadas y la interfaz para procesar la información de los datos obtenidos en una microcomputadora. En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques del sistema de medición.

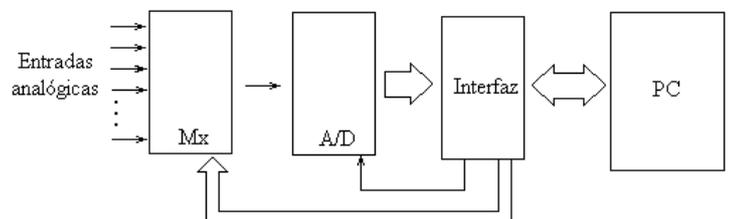


Fig. 1. Diagrama de bloques del sistema de medición.

Para el muestreo de las señales se realizó un programa en pascal corriendo sobre DOS, lo que permite velocidades muy elevadas de muestreo, de hasta 10000 muestras/segundos, almacenándolas en un buffer de 500 puntos que, al llenarse, se muestra en la pantalla de una microcomputadora, los datos obtenidos pueden ser almacenados para su posterior estudios de estabilidad con el Matlab.

Las señales del arco se muestrearon a 0.1ms, obteniéndose las señales de voltaje de arco y corriente de soldadura que se muestran en la figura 2, las cuales se corresponden con los valores teóricos esperados.

Las características dinámicas del voltaje de arco y la corriente de soldadura obtenidas mediante el monitoreo de las señales del arco, brindan la información del proceso desde que se rompe el arco hasta que se apaga, de modo que al ser procesadas desde el Matlab con el software desarrollado se puede valorar la estabilidad y el comportamiento de las fuentes de soldadura. En este software las características de las fuentes de soldadura pueden ser introducidas de diversos modos para determinar las zonas de estabilidad y el valor de ajuste de la corriente de soldadura.

En el trabajo se desarrolló una metodología integral y un software sobre Borland Delphi para el diseño y recálculo de máquinas estáticas (transformadores y convertidores) para la soldadura por arco, aplicable a los procesos manuales, semiautomáticos y automáticos. La misma se caracteriza por la versatilidad, compatibilidad, sencillez, fiabilidad y la selección de las características volt-ampéricas deseadas con ajuste electrónico de sus parámetros.

El software para el diseño y recálculo de fuentes de soldadura por arco llamado FUCSA (Fuente de corriente para la soldadura por arco), constituye una aplicación en Borland Delphi sobre windows'95

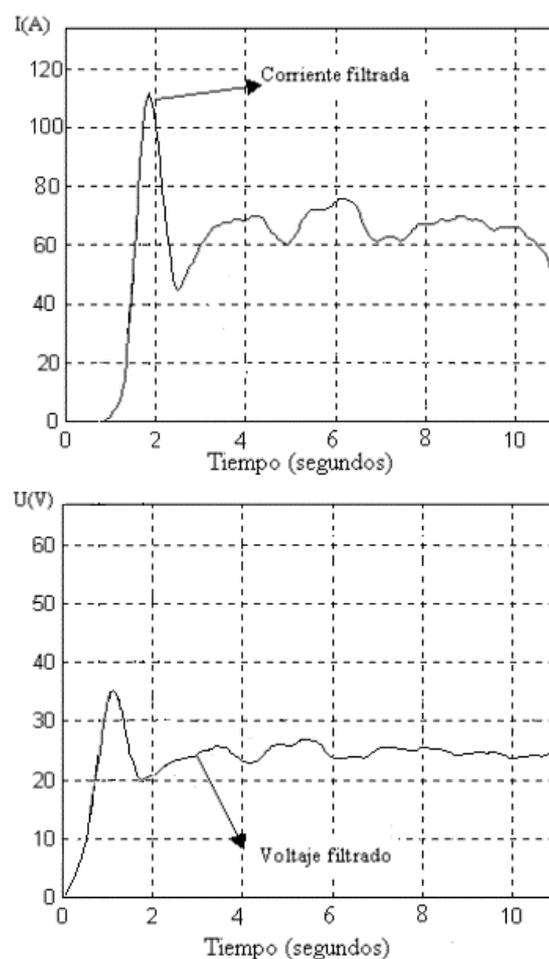


Fig. 2. Resultados del monitoreo de las señales del arco.

que aprovecha a plenitud la interfaz gráfica y de hecho, hereda todas las facilidades y comodidades de la misma. El uso del programa es tan fácil e intuitivo por lo que no necesita de una ayuda inmediata.

Para la validación de la metodología y el software desarrollado se han efectuado varias

pruebas de rigor con máquinas reales existentes en el Centro de Investigaciones de la Soldadura de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas tanto en la restauración de diferentes fuentes como en la fabricación de prototipos.

En el software desarrollado se tuvieron en cuenta las siguientes etapas:

- Diseño y recálculo de transformador monofásicos y trifásicos.
- Selección de los convertidores de potencia.
- Diseño optimizado y cálculo de inductores a partir de un núcleo.
- Circuitos de control y disparo (diferentes variantes sencillas).

Al entrar al software se observa el ambiente que se muestra en la figura 3.



Fig. 3. Software FUCSA

Finalmente utilizando el programa profesional Matlab Simulink se procedió a la simulación de los lazos de regulación utilizando las funciones transferenciales obtenidas en el trabajo, obteniéndose resultados favorables, lo cual demuestra la validez del procedimiento desarrollado

para el cálculo de los lazos de voltaje y corriente. Los mismos se muestran en la figura 4.

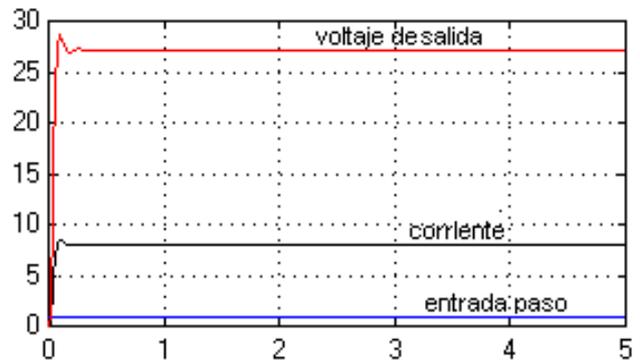


Fig. 4. Resultados de la simulación (Voltaje y Corriente de Soldadura en función del tiempo en milisegundos)

## VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

La esencia económica de este trabajo consiste en el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles, en la construcción y recuperación de máquinas, equipos y fuentes de soldadura.

Para la valoración económica se realizó un estudio aplicando las técnicas del sistema de índices financieros de rentabilidad y se consideró la creciente demanda de los procesos de soldadura por arco eléctrico en el campo del mantenimiento industrial de todas las ramas de la economía.

Para valorar los efectos económicos que se generan con la realización de este proyecto se considero una vida útil del proyecto de siete años

Para aplicar el sistema de índices financieros de rentabilidad se determinó el valor actual neto (VAN). El cual no es más que un método de evaluación de proyectos que considera el valor del

dinero en el tiempo, siendo rentable la inversión si el mismo es positivo, analizando los beneficios a una tasa de interés dada.

Aplicando el programa profesional de cálculos financieros al proyecto se demostró que el mismo es beneficioso para un amplio rango de variación de los ingresos y de la tasa de interés.

## CONCLUSIONES

De la revisión bibliográfica realizada en la literatura especializada consultadas se concluye, que no existe en la actualidad una metodología similar a la propuesta en este trabajo para el diseño de las fuentes de soldadura por arco.

La metodología desarrollada para el diseño de fuentes de soldadura ha sido validada en la construcción de un prototipo a escala de laboratorio y en la recuperación de diversas máquinas de organismos de la producción y del Centro de Investigaciones de la Soldadura de la Universidad Central ‘Marta Abreu’ de Las Villas con excelentes resultados.

Los circuitos electrónicos instalados para el mando y regulación de las fuentes de soldadura se caracterizan por su sencillez, fiabilidad, buena respuesta dinámica, buena exactitud en la regulación de coordenadas y compatibilidad con los circuitos convencionales.

Se desarrolló un Software en Borland Delphi sobre Windows 95 mediante el cual se pueden determinar las magnitudes de los diferentes elementos de las fuentes de soldadura, transformadores, rectificadores, inductores y los circuitos electrónicos de mando y regulación. De modo que el usuario tiene la posibilidad de analizar diferentes variantes con criterios prácticos y económicos para el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles.

En el prototipo de fuente de soldadura por arco con regulación electrónica construido, se instalaron novedosos circuitos para soldar con corriente pulsada y regular los parámetros de soldadura, a los mismos se le han realizado diversas pruebas de rigor, exitosamente, por especialistas del Centro de Investigaciones de la Soldadura de la Universidad Central ‘Marta Abreu’ Las Villas .

Se desarrollaron los Hardware y Software necesarios para el procesamiento de las señales del arco, mediante los cuales se puede evaluar la estabilidad, diagnosticar y evaluar las fuentes de soldadura, obteniéndose resultados experimentales satisfactorios

La valoración económica desarrollada, aplicando las técnicas del sistema de índices financieros de rentabilidad y el análisis de sensibilidad, demuestra que el proyecto resulta beneficioso, aún para amplias variaciones de los ingresos y de la tasa de interés.



## REFERENCIAS

1. American Welding Society (AWS). "Welding Handbook". Eighth Edition. Volume 2. Welding Processes. 1991.
2. Barrera, G., Velez, M. y Barrera E. G. "Monitoreo de procesos de soldadura usando transductores de corriente, voltaje y velocidad". Memorias del X Congreso Nacional de Soldadura. pp. 124-136. Morelia, Mich., México. 6 al 8 de noviembre de 1996.
3. Benjamin C. Kuo. "Sistemas de Control Automático", Editorial Prentice-Hall, México, México, 1996.
4. Hernández R. G. "Normativa Europea para Construcciones Soldadas en el marco de ISO 9000". Asociación Española de soldadura y Tecnologías de unión (CESOL). C/María de Molina, 62, 88 A 28006. Madrid. Memoria del Congreso Nacional de Soldadura. Morelia, Michoacán, Nov. de 1995.
5. Herranz A. "Electrónica Industrial, Componentes Circuitos, y Sistemas de Potencia", Editorial E.T.S.I., Madrid, España, 1994.
6. Linden W. P. "Transformer Design and Application Considerations for nonsinusoidal Load Currents". IEEE Transaction on Industry Applications 32 (3) 633-645,1996.
7. Melyman C. T. "Transformer and inductor design Handbook", segunda Edición, Editorial Marcol Dekker, New York, e. u. 1988.
8. Muhammad H. "Electrónica de Potencia, Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones", Editorial Prentice-Hall, México, México, 1993.

