

PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE LA MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE SOLDAR POR PUNTOS

Autores: Ing. Yunior Rafael Cabrera Hernández*, MsC. Jaime Fardales Perez **

* Departamento de Ingeniería Informática, Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, Cuba, yuniorrafael@suss.co.cu

** Empresa de Automatización Integral de Sancti Spíritus, Cuba.
fardales@cedai.com.cu

Resumen

En el trabajo se describe una variante de automatización para las máquinas de soldar por puntos, usadas en la línea de producción de mallas para reforzar el hormigón empleado en el sistema constructivo Trimax, pertenecientes a la Fábrica de Hormigón Celular de Sancti Spíritus. Producto de la obsolescencia y a fallas excesivas se propone la sustitución de parte de los órganos de control, por la lógica programada que se incorpora a un dispositivo lógico programable.

Se realiza un recorrido teórico por temas relacionados con estas materias con énfasis, en lo relacionado con los procesos de soldadura por puntos y los dispositivos lógicos programables. Se evaluó la propuesta en una máquina *Mitsuba SMT-H1*, con la implementación de un sistema digital basado en el uso de un “relé inteligente” como elemento central de control; lo que demostró su viabilidad durante 100 000 soldaduras por puntos en seis meses. También se expone una primera versión del software necesario para el control de la misma.

Palabras clave: soldadura por puntos; Trimax; lógica programada; relés inteligentes

PROPOSAL AND EVALUATION OF THE MODERNIZATION OF A POINT WELDING MACHINE

Abstract

In this paper it is described an automation variant for point welding machines used in the production line of meshes for reinforced concrete used in the constructive system Trimax, belonging to the Factory of Cellular Concrete of Sancti Spíritus. Given their obsolescence and excessive malfunctioning, the substitution of a part of the control organs by the programmed logic that is incorporated to a programmable logical device is intended.

A theoretical journey on topics related with these matters with emphasis, in relation to the welding processes and programmable logic devices to point welding processes and programmable logical devices. The proposal was evaluated in a machine Mitsuba SMT-H1, with the implementation of a digital system based on the use of an "intelligent relay" as the central control element. A first version of the software needed for the machine control is also presented.

Keywords: point welding; Trimax; programmed logic; intelligent relay

INTRODUCCIÓN

Según criterios de la Fundación Latinoamericana de Soldadura: La soldadura constituye uno de los recursos tecnológicos fundamentales en el mundo moderno. Hoy, prácticamente, no existe emprendimiento tecnológico alguno en el que las mismas no intervengan en una de sus etapas. Como proceso de unión, la soldadura se destaca por su versatilidad y economía (ESAB, 2009).

Motivado entre otros, por el devastador impacto de fenómenos meteorológicos, Cuba ha experimentado una reanimación en el sector de la construcción. Junto a esta se han introducido técnicas y procedimientos constructivos dirigidos a ofrecer soluciones más resistentes y económicamente sostenibles. Entre las alternativas potenciadas para la confección de cubiertas usadas en la construcción de viviendas, sobresale la tecnología conocida como Trimax, que consiste en el montaje de techos de poli espuma, recubiertos con mallas metálicas y hormigón (Latina, 2009).

La malla metálica usada en esta tecnología, se construye a partir de barras de acero de 5 a 10 mm de diámetro, convenientemente dispuestas para formar un entretejido donde un conjunto de barras, quedan paralelas entre ellas y a su vez perpendiculares, a otro grupo de barras que se espacian uniformemente sobre el plano formado por el primer conjunto, lo que crea puntos de unión en cada una de las intersecciones. Para la producción industrial de estas mallas, cada punto de intercepción es unido mediante soldadura eléctrica por puntos.

La soldadura por puntos es un método de soldadura por resistencia, cuyo principio de funcionamiento es hacer circular una corriente eléctrica de gran intensidad a través de los metales que se van a unir (AWS, 1987). Como en la unión de los mismos la resistencia es mayor que en el resto de sus cuerpos, se generará el aumento de temperatura en la juntura (efecto Joule). Al aprovechar esta energía y con un poco de presión, se logra la unión. El método descrito anteriormente es utilizado por las máquinas en las que se centra este trabajo y se describirán en la siguiente sección.

Lo antes expuesto originó el objetivo de: realizar y evaluar una propuesta de modernización mediante un sistema lógico programable, de una máquina de soldar por puntos que permita garantizar un funcionamiento más estable, generalizable y duradero de las mismas.

DESARROLLO

El trabajo descrito fue desarrollado y evaluado en una máquina para la soldadura por puntos *Mitsuba SMT-H1*, emplazada en la fábrica de Hormigón Celular perteneciente a la Empresa de Materiales de la Construcción de Sancti Spíritus, donde se fabrica la malla utilizada como soporte para el sistema constructivo Trimax.

Descripción de la máquina de soldar por puntos

Las máquinas de soldar por puntos (multipunto) *Mitsuba SMT-H1*, es de fabricación japonesa del año 1978. Su función es producir las uniones mediante soldadura, de todos los puntos de intercepción presentes en la malla que se produce. Tiene como primera sección, la destinada a la alimentación de las barras de acero más largas. El proceso que tiene lugar en esta sección, consiste en colocar las barras de forma

manual en los carriles que sirven de guía, en la conducción de las barras longitudinales hacia el punto de soldadura (punto de unión de los electrodos) de la máquina.

La máquina cuenta con nueve carriles de guía, uno por cada electrodo, que emplea sólo los que se requieran de acuerdo al tipo de malla que se desea producir. Sobre las barras longitudinales se deben colocar de forma perpendicular a ellas las barras que irán conformando la malla, estas últimas se alimentan y alinean automáticamente de tal forma que quedan dispuestas de forma transversal, con lo que se forma una cruz con centro ubicado justo en el punto de unión de los electrodos.

Para ello el operador presiona un interruptor que inicia una secuencia, en la cual ocurren una serie de eventos, como el posicionamiento de la barras transversal seguido por el descenso de los electrodos, que ejercen la fuerza necesaria para sujetar las intersecciones de las barras, por donde posteriormente circulará la corriente de soldadura durante un tiempo del orden de los cientos de milisegundos, que fundirá los metales y los unirá mediante el calor generado en la unión y la presión de los electrodos respectivamente.

Efectuada la soldadura y liberadas las uniones por el retroceso de los electrodos, se hace avanzar de forma manual la malla que se confecciona, a una distancia equivalente a la separación que deben tener las barras transversales, lo que propicia la colocación de los siguientes puntos a soldar.

La máquina posee nueve electrodos accionados por la misma cantidad de cilindros neumáticos, uno para cada cual, que a su vez son gobernados por válvulas electro neumáticas que reciben la señal de mando del panel del operador. La corriente que circula por los electrodos se obtiene de cinco transformadores; cuatro de ellos se usan cada uno para suministrar la corriente de dos electrodos a la vez, mientras que el quinto es solo para un electrodo.

Estos transformadores son de 70 KVA y son alimentados por el primario con 220 V, provenientes de cada una de las fases del sistema trifásico de la fábrica, colgados por parejas de la primera y segunda fase, lo que deja para la tercera sólo el quinto. En los secundarios se reduce el voltaje y aumenta la corriente considerablemente. Para el establecimiento de la corriente de soldadura, se emplean parejas de tiristores de

potencia; una pareja por cada fase, de tal manera que se puede controlar la potencia entregada a los circuitos de primario de los transformadores. El enfriamiento de estos tiristores se realiza con agua que se hace circular a través de sus disipadores de calor. Para el control del ángulo de disparo de estos tiristores, se emplea un circuito electrónico por pareja de tiristores, tres en total para cada máquina, conectado a la compuerta. Junto a otra circuitería electrónica y eléctrica constituye el sistema de control de la máquina.

La mayor parte de esta circuitería electrónica está destinada a establecer los tiempos requeridos para el proceso de soldadura, mientras que todo un esquema a relés se encarga de asumir la mayor parte del secuenciamiento lógico, que se necesita para las acciones mecánicas de la máquina. Como interfaces con el operador y el instrumentista, se brindan sendos paneles de maniobra que permiten ejecutar las acciones de operación de la máquina en el primer caso, y establecer parámetros tecnológicos como tiempos y corrientes de soldadura en el segundo.

Acciones de control típicamente implementada en máquinas de soldar por puntos

Las acciones de control se centran en las variables de mayor influencia sobre los procesos, de aquí que las mismas se encaminen esencialmente a aquellas variables que determinan en mayor grado la calidad de la soldadura, a saber: corriente, fuerza aplicada por los electrodos sobre el punto de unión y tiempos involucrados en las secuencias.

La intensidad de la corriente que circula entre los electrodos que logre una temperatura alta en la unión de los metales, es una variable determinante para que ocurra la fusión y unión de los mismos (Cary & Scott, 2005). Como tal, el sistema de control de cualquier máquina de soldar por puntos, debe ser capaz de regular la corriente que circula por las partes a soldar, una vez que es ajustado por un experto en el proceso.

La presión que los electrodos ejercen sobre el metal es otra variable importante para el sistema de control, ya que una presión baja traerá consigo un corrimiento del metal y daño en los electrodos (engrosamiento), lo que acorta la vida útil de los mismos. Por el contrario, una presión de soldar muy alta puede resultar en una resistencia del punto de

soldadura muy baja o variable, requerimientos excesivos de corriente de soldadura, engrosamiento de los electrodos y muescas grandes.

Si importante es mantener los parámetros esenciales para la soldadura, determinante también resulta el momento en que se hace presente su influencia, así como su duración para el proceso de soldadura.

Es de significación aplicar la corriente de soldadura en el momento apropiado, lo cual resulta una función esencial del control, dado que uno de los propósitos principales de un sistema de control de soldadura por puntos, es coordinar la aplicación de la corriente a los electrodos con el movimiento mecánico de la máquina. Así, el control determina cuando los electrodos deben cerrarse y cuando abrirse, y también establece el momento en que debe ser aplicada la corriente de soldadura y cuando detenerse. Valores inadecuados de tiempos podrían dar al traste con la soldadura, y muchas veces provocar roturas en la máquina, lo que se puede desglosar en:

- Un tiempo de soldadura muy largo, acortará la vida de los electrodos, que causa mellas excesivas o rupturas internas que resultarán en fallas de las soldaduras.
- Tiempo de soldadura muy corto dará como resultado, soldaduras de baja resistencia, aun con todos los demás factores normales.
- Tiempo de sostenido muy corto puede dar como resultado la expulsión del metal, electrodos quemados, malas soldaduras, trabajo marcado, y daños de los dispositivos electrónicos de potencia (Entron, 2008).

Además de las variables intrínsecas del proceso existen otras que aunque no tienen influencia directa, contribuyen a realizar una soldadura con la calidad requerida, además de garantizar la vida útil de la máquina. Por tanto un sistema de control para una máquina de soldar debe ser capaz de ejecutar acciones como: el correcto posicionamiento del metal a soldar, la supervisión y control de la temperatura de los electrodos y los dispositivos electrónicos de potencia empleados para suministrar la corriente de soldadura. Debe poseer señales de parada ante la proximidad de algún objeto extraño a la zona donde se ejecuta la soldadura, con lo que se prevé con esta parada la rotura de la máquina y lo que es más importante, se procura la seguridad laboral al personal que la opera.

Secuencia temporizada

El tiempo es una variable muy influyente en la soldadura por puntos, en muchos casos determina la calidad de la misma. Todas las etapas por las que se ejecuta este proceso están determinadas por el tiempo, es decir la transición entre etapas se produce al haber transcurrido un período prefijado.

Muchos de los tiempos que se necesitan establecer con relativa precisión son en milisegundos, para lo cual se suelen usar dispositivos electrónicos. En las máquinas objeto de modernización de la fábrica, esta temporización es implementada con circuitos integrados a base de comparadores. Adicional a las placas de temporización propiamente dichas, se emplean otras que permiten manejar las demandas de potencia de relés, básicamente conformadas por circuitos de amplificación que emplean transistores bipolares.

Además de esta circuitería electrónica, están presentes en la máquina fuentes que suministran los distintos voltajes necesarios, tanto para estas placas como las de control de corriente abordados en posteriores epígrafes. Cuando se inició este trabajo, muchas de estas placas se encontraban fuera de funcionamiento por diferentes causas.

Control de corriente entregada a los electrodos

Otra de las variables características de la soldadura por puntos, es la corriente de soldadura. El valor de la corriente debe ser tal, que logre fundir los metales en el tiempo de soldadura establecido sin que cause daños. Dado que la intensidad de la corriente de soldadura puede alcanzar el orden de varios miles de amperes, como es el caso de las máquinas abordadas en este proyecto; para lograr la regulación de la corriente se suelen usar dispositivos electrónicos de conmutación rápida y de gran potencia.

Antes expuesto, en el escenario real se usan tiristores con enfriamiento por agua. Se les maneja el ángulo de disparo, para regular la potencia entregada a los transformadores de soldadura. A este, los circuitos de temporización descritos en el epígrafe anterior, le envían una señal que establece el tiempo de soldadura.

Mediante circuitos para la detección de cruces por cero, establecidos por la constante de tiempo antes referida, se produce la entrada en conducción de los tiristores con un ángulo que se puede establecer a través del panel de ajuste, que posibilita establecer y

regular la corriente de soldadura deseada en cada caso. Cada máquina cuenta con tres de estas tarjetas, las cuales no se encontraban en estado operativo al iniciar los trabajos descritos en este artículo.

Lógica de accionamiento eléctrico

Por detrás de las interfaces con el hombre, está toda la lógica instrumental de control que permite realizar las acciones descritas con anterioridad. Esta lógica actualmente está implementada con predominio de relés de control y temporizadores, por lo que se trata de una lógica fuertemente cableada, con un gran número de componentes electromecánicos, lo cual apareja un gran número de inconvenientes tales como (Méndez, 1999).

- Incremento de la posibilidad de falsos contactos.
- Deterioro en los contactos de los relés debido a las constantes conmutaciones.
- Alto consumo de energía eléctrica.
- Necesidad de sostener almacenes con gran número y variedad de componentes de repuestos.
- Poca flexibilidad y versatilidad.

De aquí que se considere una tecnología obsoleta para los fines que se aplica (Frederici, 2010).

Variables del proceso

Unos de los principales factores a considerar en la selección del hardware y el desarrollo del software a implementar en el sistema de control, es el establecimiento de las variables que intervendrán en el mismo (Izaguirre, 2011). Antes expuesto, la corriente suministrada y la presión ejercida sobre las piezas a unir, son variables decisivas en la calidad de la soldadura por puntos. Por su parte, la secuencia de aplicación que debe seguirse para lograrlas, resulta imprescindible respetar el momento en que se ejecuta cada acción para lograr uniones con la característica requerida.

El inicio y fin de las secuencias está condicionado, en algunos casos, por el posicionamiento mecánico de algunas partes de las máquinas, mientras que la ejecución completa de las secuencias queda supeditado a la no ocurrencia de

anomalías como pudieran ser disparos térmicos no deseados. De este análisis se puede concluir que: a todo automatismo que se pretenda colocar en las máquinas de soldar por puntos, le hará falta interactuar estrechamente con los sistemas existentes en la misma, para conocer estados y acometer las acciones necesarias.

De lo antes expresado, para el trabajo se obtuvo un conjunto de señales de entrada y salidas, donde se destacan el estado de los voltajes en las diferentes líneas, disparo por sobre temperatura y otras referidas a los posicionamientos mecánicos en la máquina; variables de salida relacionadas con la operación de los electrodos, alimentación de barra transversal y longitudinal, e inicio de secuencia entre otras.

Los nombres asignados a las señales se corresponden con los obtenidos de los esquemas eléctricos de la máquina, para mantener la compatibilidad con los mismos y facilitar las labores de programación. Además de estas variables, se introdujeron otras internas al software y que brindarían información al cliente, como las relacionadas con la cantidad de maniobras realizadas, tiempo de explotación e información orientada al mantenimiento oportuno de las máquinas.

Hardware seleccionado para los sistemas de control

El costo del *hardware* y *software*, combinación imprescindible en la automática, es elevado en cualquier proyecto de automatización y más aún si se le suma los gastos en transportación y mano de obra (Fardales, 2009).

Del análisis realizado a las máquinas, al proceso de soldadura por puntos y a varias alternativas de equipamiento, se tomó la decisión de utilizar como unidad central para el tratamiento de las señales a un “relé inteligente” del grupo *Schneider* nombrado *Zelio Logic*, frente a la alternativa de usar autómatas programables de gamas bajas. Esta decisión se sustentó fundamentalmente, sobre la base de su adecuación técnica para dar respuesta a las necesidades de automatización del proceso, inferior costo, la presencia de suministradores en el país, entre otros aspectos.

En específico se seleccionó al *Zelio Logic* SR3B262BD como unidad de procesamiento central. La misma posee 16 entradas digitales y 10 salidas digitales a transistor; que junto al módulo de expansión SR3XT61BD que incorpora cuatro entradas digitales y dos salidas a relé proporcionando un total de 22 entradas digitales y 12 salidas de igual

naturaleza, suficientes para gestionar todas las señales de interés, la cual deja un margen para futuras incorporaciones de variables.

Otros de los requisitos que cumple la selección efectuada están relacionados con los tiempos de ejecución. Estos deben ser lo suficientemente pequeños como para poder conseguir los tiempo de presión, tiempo de soldadura, tiempo de sostenido y tiempo de pausa que deben transcurrir en el proceso de soldadura por puntos. Para lograrlo, el módulo permite insertar en los programas una cantidad suficiente de temporizadores, con bases de tiempos parametrizables que pueden alcanzar hasta los 10 milisegundos, como máxima resolución.

Además de cumplir con los requisitos imprescindibles, la configuración seleccionada cuenta con determinadas características que la hacen atractiva para su utilización en proyectos de automatización pequeños, dentro de las cuales se pueden citar la presencia de una pantalla de cristal líquido (LCD) con cuatro líneas de 18 caracteres, que se puede emplear como interfaz para operadores. La memoria *Flash EEPROM*, con autonomía para 10 años, permite guardar una copia de respaldo del programa y valores de selección en caso de reemplazar el producto. Posee un reloj, alimentado también con una batería de litio, con autonomía para 10 años, fácil programación en esquemas de contactos independientemente, que usa las teclas del “relé inteligente”, o en la PC usando el *software Zelio Sofá*, el cual permite la programación en diagrama de bloques funcionales, además del esquema de contactos, y agrega funcionalidades que permiten la incorporación de código siguiendo el estándar *Grafcet*.

Software implementado en la solución

Además de las ventajas antes expresada, se eligió el *Zelio Logic* por las bondades que ofrece en cuanto a software, pues pone a disposición de los desarrolladores herramientas flexibles y amigables para la creación de las aplicaciones.

El paquete de software *Zelio Soft* del grupo *Schneider*, permite programar el “relé inteligente” *Zelio Logic* desde la computadora. La amigabilidad, la simulación con representación dinámica del estado de las entradas y salidas, la posibilidad de visualizar mediante simulación el contenido que se muestran en su pantalla e interactuar a través de los botones del mismo, como si se estuviera en presencia del

dispositivo, presentes en *Zelio Sofá*; constituyen bondades que sumadas a las descritas antes, signan la atracción hacia este “relé inteligente” como unidad central de procesamiento en un proyecto de automatización.

En esta versión del software se han tratado de cubrir las funcionalidades básicas para el trabajo de las máquinas. De esta forma se ha programado todo el control secuencial temporizado, y mantiene la misma secuencia propuesta por el fabricante. Esta versión brinda la posibilidad de establecer los parámetros directamente relacionados con la secuencia, así como escoger la receta, o esquema de soldadura, bajo la cual se efectúa la misma. En el caso de la parametrización, se permiten establecer los tiempos de presión, soldadura, sostenido y pausa con resolución de hasta 10 milisegundos.

Para el establecimiento de la receta se utilizó la alternativa de codificarla en binario, con un número binario de nueve dígitos, los puntos a soldar se establecieron con el valor de uno y con cero los que no se desea efectuar en la receta elegida. En la pantalla empleada con este fin, se han colocado a forma de ayuda rápida para el operador, las recetas más comúnmente usadas. En la Figura 1 se muestra una ilustración al respecto.

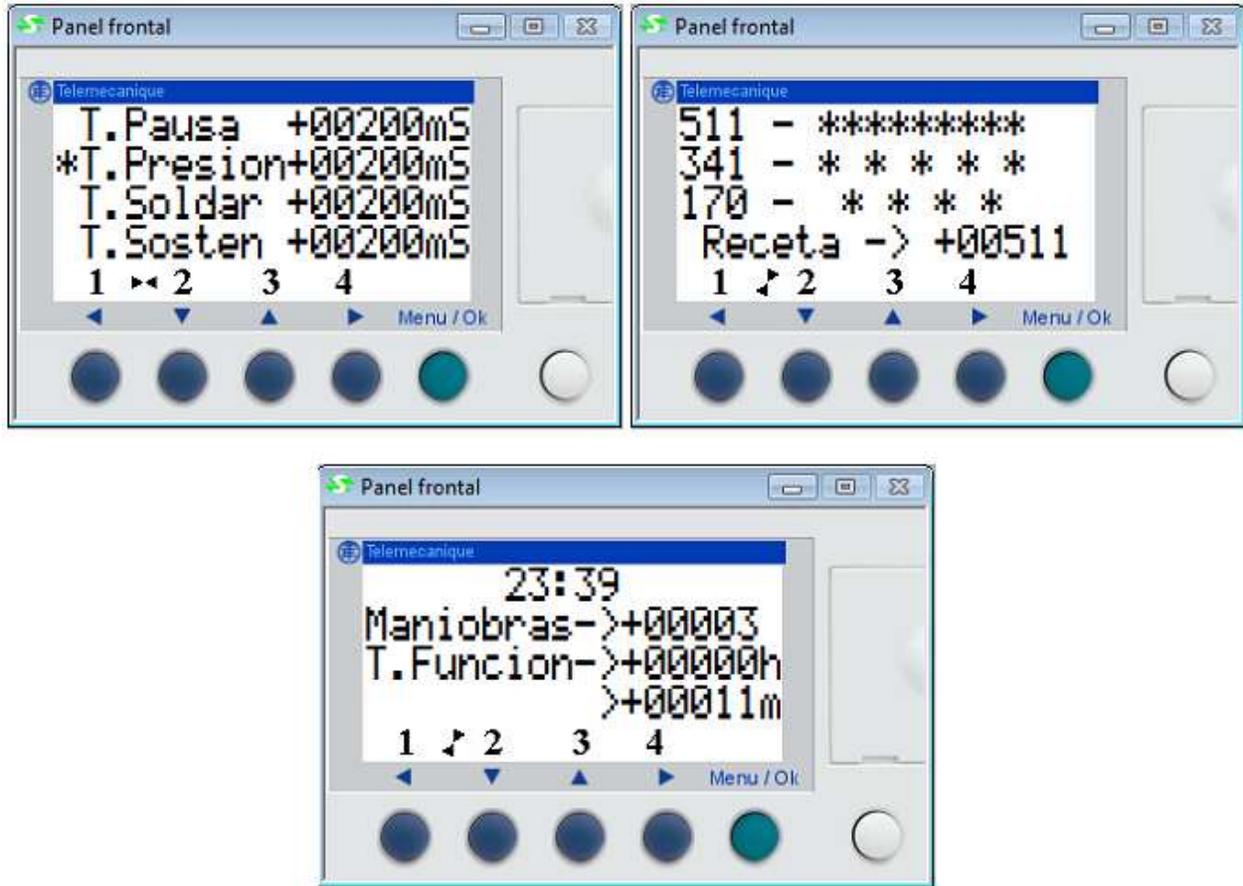


Figura 1.- Interfaces en la versión 1.0 del software

También se elaboró una tabla, con el objetivo de ser colocada en la máquina donde se encuentran todas las recetas que se pueden establecer y su correspondencia con los puntos de soldadura. El método empleado puede parecer poco amigable, pero se erigió como la más flexible en cuanto a la gama de posibles recetas a elegir, de allí que fue la implementada. En la simulación, a estas pantallas se accede sin que medie ningún mecanismo de seguridad. Para proteger en cierta medida el acceso no deseado o involuntario a las mismas, se ha previsto que para acceder a ellas haya que mantener oprimidas al menos dos teclas de forma simultánea, por un espacio de tiempo determinado. Este sencillo mecanismo no se ha implementado dada la imposibilidad de oprimir dos teclas a la vez, en el ambiente de simulación. No obstante, se ha utilizado un principio similar para hacer aparecer la pantalla informativa, en caso de no oprimir ninguna tecla por un espacio mayor a cinco segundos, cuando se está en alguna

pantalla de configuración. Además de controlar la secuencia de las máquinas, el software desarrollado, se encarga de contar la cantidad de maniobras que realizan. Para ello emplea un contador que se incrementa cada vez que comienza un ciclo de soldadura. También se mantiene la información del tiempo que han trabajado las máquinas, para lo cual se vale de un temporizador que incrementa su valor periódicamente mientras se mantiene energizado el dispositivo. Estas informaciones, orientadas fundamentalmente al mantenimiento, se muestran junto a la hora en una pantalla informativa que se mantiene visible por defecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La propuesta de modernización evaluada permitió garantizar un funcionamiento más estable, generalizable y duradero de la máquina. Otras contribuciones son el aumento de la flexibilidad en cuanto a la posibilidad de producir mallas con otros esquemas de soldadura, que no sean únicamente del tipo U y W. También incrementó los índices de repetitividad en cada acción de soldadura, y la posibilidad de generalizar la solución a otras máquinas con principio de funcionamiento similares existentes dentro de la misma fábrica.

Con la utilización del sistema digital para controlar la secuencia temporizada durante la soldadura, se logra un control más preciso de los tiempos de presión, soldadura, sostenido y pausa, de los cuales depende en gran medida la calidad de la soldadura. La implementación del sistema digital permitió contabilizar la cantidad de ciclos de soldadura y el tiempo de funcionamiento de las máquinas, información que los especialistas y técnicos encuentran muy útil, para dar mantenimiento oportuno y prevenir roturas por exceso de explotación.

El sistema digital se puso a prueba durante dos semanas donde se realizaron los ajustes finales, que logró una soldadura con excelente calidad según los expertos. Después de esta etapa la máquina estuvo seis meses de explotación sin roturas relevantes, momento en el cual se le efectuó un mantenimiento preventivo de ciclo largo por haber alcanzado 100 000 soldaduras por puntos, según el conteo de operaciones realizado por el sistema digital.

Desde el punto de vista económico se presenta la necesidad actual de sostener en almacenes un inventario de muchos componentes aislados que con la propuesta realizada se reducirían, dada la implementación que se hace dentro del dispositivo digital de gran parte de la lógica que actualmente se ejecuta dentro de las pizarras de mando de las máquinas. Del análisis de los fragmentos de oferta mostrado en la Tabla 1 en el Anexo, se puede apreciar que la propuesta realizada, que toma solo lo relacionado con el control digital; representa aproximadamente el 30 % de la inversión ya realizada, en materia del restablecimiento de los sistemas neumáticos en las máquinas.

CONCLUSIONES

Como conclusiones se puede expresar lo siguiente:

- Se propuso, instaló y evaluó en una máquina un sistema de automatización y se demostró que: permite flexibilidad en la selección de las recetas de soldadura eléctrica por puntos; sustituye partes de la lógica cableada, susceptibles a fallas electrónicas con lo que se disminuye la probabilidad de rotura.
- La cibernética empleada es generalizable a otras máquinas con principio de funcionamiento similar.
- La automatización evaluada es factible desde los puntos de vista técnicos y económicos, y logra un impacto social considerable al aumentar la confiabilidad en el proceso productivo.
- El empleo de “relés inteligentes” para la automatización de máquinas, resulta una alternativa tecnológica atractiva y a considerar frente a soluciones que pudieran resultar innecesariamente más sofisticadas.
- La utilización de técnicas digitales en la automatización de máquinas, abre alternativas de desarrollo que aunque desde un primer momento no se ejecuten; pueden implementarse posteriormente, con lo que adquiere eficiencia y flexibilidad el sistema.

Referencias bibliográficas

1. AWS. (1987). *Welding Handbook*. New York. AWS. V I - III. 8th. Ed.
2. Cary, H. B., Scott, C. H. (2005). *Modern Welding Technology*. Upper Saddle River. Nueva Jersey. Pearson Education.
3. Entron. (2008). *Resistance Welding Basics*. Illinois. ENTRON Controls Inc.
4. ESAB. (2009). Elektriska Svetsnings Aktiebolaget. SOLDADURA & CORTE. Argentina. Disponible en:
<http://www.esab.com.ar/ar/sp/educacion/Ingenieria.cfm>
5. Fardales, J. (2009). Tarea técnica. Proyecto de automatización. Máquinas para soldar por puntos pertenecientes a Fábrica de Hormigón Celular. Ver. 1.0 ed., Cuba, CEDAI Sancti Spíritus.
6. Frederici, M. (2010). Desde la lógica cableada a los Micro Automatismos. Electro Industria, Agosto 2010 ed. Disponible en:
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=32&edi=30>
7. Izaguirre, E. (2011). *Sistemas de Automatización*. Villa Clara. Edit: Feijóo. 1 ed.
8. Latina, P. (2009, marzo). Cuba apela a diversas variantes constructivas tras huracanes. Granma, 89. La Habana. Disponible en:
<http://www.granma.cubaweb.cu/2009/03/30/nacional/artic15.html>
9. Méndez, P. F. (1999). Investigación en Soldadura en el MIT y Panorama de la Industria de la Soldadura en los Estados Unidos. *Tecnologías de la Soldadura y Unión de Materiales*. Fundación del Goierri, San Sebastián. España.

Fecha de envío: 4-2-2013

Fecha de aceptación: 16-6-2013

Anexo

Tabla 1.- Fragmentos de ofertas presentadas al cliente

Item	Descripción	Cant.	Precio	UM	Importe
Recuperación máquinas de soldar por puntos (Mallas)					
Schneider					
1	"Relé inteligente" Zelio Logic, Modular con pantalla Dig In: 16 Dig Out: 10 Transist. 24 VDCReloj	2	191,40	U	382,80
2	Módulo de extensión de E/S. Dig In: 4 Dig Out: 2	2	72,12	U	144,24
3	Cable de conexión entre el PC (SUB-D) y "relé inteligente", largo 3m	1	112,46	U	112,46
5	Fuente In:100..240 VAC Out: 24 VDC, 1.3A	2			
4	Software de programación "Zelio Soft"	1	0,00	U	0,00
FESTO					
5	Fijación PRS-1/4-9-B	2	201,85	U	403,69
6	Bobina MSFW-230-50/60	24	15,26	U	366,36
7	Electroválvula MFH-5-1/4-B	24	117,40	U	2817,63
8	Conector QS-1/4-10-50	77	1,93	U	148,34
9	Conector QS-3/8-10-50	110	2,11	U	231,96
10	Conector QS-1/2-10-20	20	3,29	U	65,77
11	Conector QSL-3/8-10-20	50	3,46	U	172,89
12	Conector QSL-1/4-10-50	20	2,97	U	59,33
13	Conector QSL-1/8-10	13	3,95	U	51,32
14	Conector QSY-B-1/2-10-10	10	8,00	U	80,02
15	Conector QS-B-1/8-10-20	30	2,14	U	64,29
16	Conector QS-B-1/2-10-10	10	3,27	U	32,67
17	Conector QSL-B-1/8-10-20	3	3,41	U	10,22
18	Conector QST-10-50	5	4,83	U	24,15
19	Silenciador UC-1/4-20	16	4,21	U	67,38
20	Silenciador U-1/2-20	4	11,58	U	46,33
21	Tubo flexible PEN-10x1.5-NT	140	0,78	M	108,58
22	Tubo flexible PUN-H-10x1.5-NT	30	2,43	M	72,78
23	Unidad de mantenimiento FRC-1/2-D-MIDI	2	122,74	U	245,47
24	Unidad de mantenimiento FRC-3/4-D-MAXI	2	177,95	U	355,91
Estimados					
25	Accesorios para el montaje				1050,88
	Aranceles de importación				966,81
	Gastos por concepto de fletes, embalajes y seguros				644,54
Total (CUC)					8726,82
Total (MN)					2610,37