

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Escuela de Ingeniería en Electrónica**



**Envases Comeca S.A**

**Análisis y diseño de un sistema de monitoreo  
de la soldadura de los envases de metal**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el Grado de Bachiller  
en Ingeniería Electrónica**

**Andrés Villalobos Rodríguez**

**Cartago, 2002**

A mi padre, que es mi pilar,  
compañero y amigo;  
a mi hijo que es mi inspiración total.

## **Agradecimientos**

Agradezco a la gerencia de Envases Comeca S.A. por haber mostrado interés en el proyecto de graduación y por haber permitido que se desarrolle y se ejecute en tan destacada empresa. A el señor Fernando Cervantes, Gerente de Planta; al señor Marco Aurelio Soto, Gerente General.

A todas las personas de esta empresa que mostraron un ambiente de cordialidad y colaboración. A Flor Arrieta por ser la persona a quién pudiera contactar y que me ayudara a integrarme. A los departamentos que me albergaron: Departamento de Gerencia Técnica, Departamento de Ventas, Departamento de Exportaciones.

Al ingeniero Leonardo Vargas, que de principio a fin confió en mi trabajo y siempre estuvo dispuesto a ayudarme en todo lo que fuera. Mi gran sincero agradecimiento a una gran persona y colaborador.

A la Escuela de Electrónica que me dio la oportunidad de incursionar en el campo profesional. A Adriana D´avanzo , quién siempre me estuvo ayudando en tiempos adversos.

A mi familia por el apoyo que siempre me ha dado. A mi Tía Vilma y mi abuela, a mis queridos hermanos y especialmente a mi padre que sin él no hubiera logrado lo que soy ahora.

A Jennifer Moscoso, quien me dió la principal motivación en mi vida, mi hijo Marco Andrés y que me apoyó los últimos años de carrera.

## Resumen

### **Análisis y diseño de un sistema de monitoreo de la soldadura de los envases de metal**

**Villalobos Rodríguez, Andrés**

Se hizo un análisis del monitor que está instalado en una de las máquinas que solda los envases de metal, haciendo mediciones a las señales de entrada al monitor que corresponden a sensores y a las señales provenientes de la máquina de soldadura. Para cada señal se hizo un seguimiento de las tarjetas en forma de módulos para su mejor comprensión. Posteriormente se hizo un análisis de las características de cada sensor con una búsqueda exhaustiva de proveedores lo que reforzó los conocimientos que se tenían. Con toda esa información se procedió a comprender la lógica del funcionamiento del monitor para comenzar a diseñar el módulo donde se procesaría las señales. Se trabajó con un PLC Allan-Bradley Micrologix 1000, dispositivo que se contaba para desarrollar el proyecto, con la limitante de que no tenía entradas analógicas para poder manejar valores en el tiempo de las señales de los sensores, pero que para efecto de los objetivos que se tenían propuestos, era de gran importancia. Se logró tener una respuesta ante un error simulado de una señal de uno de los sensores. En la presentación del proyecto se utilizó una señal de botado de latas de emergencia para acoplar el sistema de botado y se instalaron los sensores de proximidad. Con todos los elementos quedó demostrado que el funcionamiento básico del sistema es un hecho y que con la aprobación del presupuesto de la compra de todos los sensores, del PLC y su respectivo software es posible implementar un sistema eficiente de identificación de envases malos y su respectivo botadero. Se debe adquirir un sistema de visualización de la señal de forjado, que permita que el operador de la máquina pueda tener un constante refrescamiento de varios envases a la vez para su mejor análisis.

**Palabras claves:** aceleración, envases de metal, lata, monitor de soldadura, monitoreo de forjado, monitoreo de corriente, PLC Allan-Bradley Micrologix 1000, sensores, sistema de botado.

## **Abstract**

### **Analysis and design of a weld monitoring system of the metal cans.**

**Villalobos Rodríguez, Andrés**

An analysis of the monitor that is installed in a welder of metal containers was made. Measurements of the signals at the entrance to the monitor were made, which are sensors and signals that come from the welder. Each signal was measured with the oscilloscope, and then they were represented graphically. For each signal, the cards were followed in terms of modules for a better comprehension. Then, an analysis of the characteristics of each sensor was made, with an exhaustive search of suppliers and a theory that would reinforce the knowledge at that moment. With all that information, the next step was to comprehend the logic of the monitor functioning to begin to design the module where the signals were going to be processed. The work was done with a PLC Allan-Bradley Micrologix 1000, a device that was available for the project, with the disadvantage that it didn't have the analogical entrances to manage the values of the signals of the sensors through time. For the objectives proposed, they were of great importance. A response for a simulated error of a signal of one of the sensors was obtained. In the presentations of the project a signal of emergency reject station was used to make the reject station control module and proximity sensors were installed. With all the elements it was demonstrated that the basic functioning to the system is a fact and that with the approval of the budget of the purchasing of the sensors, the PLC and its software, it is possible to implement an efficient system to identify deficient cans and its respective reject station. A system of visualization of the forge signal must be acquired, and it must allow the operator of the machine to have a constant refreshing of some containers at a time for a better analysis.

**Keywords:** acceleration, can, current monitoring, forge monitoring, sensors, PLC Allan-Bradley Micrologix 1000, reject station, weld monitor.

# ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	7
<b>CAPITULO 2</b> .....	16
2.1.1 Teoría de Soldado .....	17
2.1.2 Proceso de Soldado .....	17
2.1.2 Proceso de Soldado .....	18
2.1.3 Descripción de la Unidad .....	19
2.1.4 Monitoreo de la Corriente .....	20
2.1.5 Monitoreo del Forjado .....	20
2.1.6 Explicación del display .....	22
2.1.7 Despliegue de la forma de onda .....	24
2.1.7 Despliegue de la forma de onda .....	25
2.1.8.1 Sensor de Corriente .....	33
2.1.8.2 Sensor de Forjado .....	35
2.1.8.2 Sensor de Forjado .....	36
2.1.8.3 Sensor de Zona de Soldadura .....	39
2.3 Solución propuesta .....	48
2.3 Solución propuesta .....	49
<b>CAPITULO 3</b> .....	53
<b>CAPITULO 3</b> .....	54
<b>CAPITULO 4</b> .....	59
4.1 Sensores .....	59
4.1.1 Sensores de proximidad .....	59
4.2 Sensor de Corriente .....	64
4.3 Sensor de forjado o acelerómetro .....	67
4.3.1 Diseño físico .....	67
4.3.2 Criterios de selección .....	69
<b>CAPITULO 5</b> .....	73
<b>CAPITULO 6</b> .....	78
6.1 Explicación del diseño .....	78
6.1.1 Diagrama de flujo del procesamiento de la corriente de soldadura de la máquina. ....	78
6.1.2 Diagrama de flujo del procesamiento del forjado del envase de la máquina. ....	81
6.2 Alcances y limitaciones .....	82
<b>CAPITULO 7</b> .....	83
Recomendaciones .....	84
BIBLIOGRAFÍA .....	85
APÉNDICES Y ANEXOS .....	86
Apéndice A.1: Diagrama de escalera del PLC .....	86

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sistema principal de soldado por resistencia de envases metálicos en su parte lateral.....	10
Figura 1.2 Corte transversal del proceso soldadura del metal.....	11
Figura 1.3 Lámina de metal que se procesa .....	12
Figura 2.1 Sección de cruce de la estación de soldadura .....	17
Figura 2.2 Proceso de soldado .....	18
Figura 2.3 Puntos de soldadura .....	19
Figura 2.4 Ubicación del acelerómetro en el brazo de armadura de la roldana de soldadura. ....	21
Figura 2.5 Despliegue de la señal de forjado. ....	22
Figura 2.6 Pico hacia arriba de la señal de forjado .....	23
Figura 2.7 Señal de forjado para la soldadura fría .....	24
Figura 2.9 Punta hacia arriba de la señal de forjado del envase de metal .....	25
Figura 2.10 Punta hacia abajo de la señal de forjado del envase de metal.....	26
Figura 2.11 Recubrimiento estrecho de la señal de forjado del envase de metal .....	26
Figura 2.12 Traslape insuficiente de la señal de forjado del envase de metal.....	27
Figura 2.13 Traslape excesivo de la señal de forjado del envase de metal .....	27
Figura 2.14 Faldon abierto de la señal de forjado del envase de metal.....	28
Figura 2.15 Traslape insuficiente de la señal de forjado del envase de metal.....	28
Figura 2.16 Traslape excesivo de la señal de forjado del envase de metal .....	29
Figura 2.17 Faldón abierto de la señal de forjado del envase de metal .....	29
Figura 2.18 Interfase de sensores con el monitor de soldadura.....	31
Figura 2.19 Interfase de la maquina de soldadura con el monitor de soldadura .....	32
Figura 2.20 Señal proveniente del sensor de corriente en no-producción con 2V/div y 1ms/div .....	33
Figura 2.21 Señal del sensor de corriente en producción con 2V/div y 2ms/div .....	34
Figura 2.22 Señal del sensor de corriente en producción con 5V/div y 20ns/div .....	34
Figura 2.23 Diagrama de conexión del sensor de corriente con las tarjetas del monitor de soldadura .....	35
Figura 2.24 Señal de forjado proveniente del acelerómetro con 1V/div y 10ms/div .....	36
Figura 2.25 Señal de forjado provenirte del acelerómetro con 1V/div y 50us/div.....	37
Figura 2.26 Señal de forjado proveniente del acelerómetro con 20mV/div y 20us/div .....	37
Figura 2.27 Diagrama de conexión entre el acelerómetro y las tarjetas del monitor de soldadura .....	38
Figura 2.28 Señal del sensor de zona de soldadura con 5V/div y 100ms/div .....	39
Figura 2.29 Diagrama de conexión entre el sensor de zona de soldadura y las tarjetas del monitor de soldadura .....	40
Figura 2.30 Señal del sensor de la zona de desecho con 5V/div y 100ms/div .....	41
Figura 2.31 Diagrama de conexión del sensor de la zona de expulsión con las tarjetas del monitor de soldadura .....	42
Figura 2.32 Diagrama de conexión de la señal de alimentación con las tarjetas del monitor de soldadura.....	44
Figura 2.33 Señal del sensor de fase con 10V/div y 500us/div.....	45
Figura 2.34 Diagrama de conexión del sensor fase con las tarjetas del monitor de soldadura .....	46
Figura 2.35 Señal del sensor de fase con 10V/div y 500us/div.....	47
Figura 2.36 Diagrama de conexión del sensor de fase con las tarjetas del monitor de soldadura.....	48
Figura 2.37 Diagrama de bloque de la solución proyectada .....	53
Figura 4.1 Ubicación del sensor de proximidad en un proceso general con envases de metal .....	59
Figura 4.2 Respuesta del sensor de proximidad con respecto a la posición del envase .....	60
Figura 4.3 Ubicación del sensor de proximidad en el área de soldadura de la máquina de envases de metal. ....	61
Figura 4.4 Sensor de proximidad inductivo cableado .....	62
Figura 4.5 Sensor óptico de proximidad en conjunto con el sistema de desecho. ....	63
Figura 4.6 Sensor de corriente utilizado en una sección de metal que contiene una gran corriente. ....	64
Figura 4.7 Conexión del acondicionador de señal con su respectivo sensor de may .....	65
Figura 4.8 Sensor de Hall del monitor de la máquina de soldadura de envases de metal. ....	66
Figura 4.9 Acelerómetro utilizado en el monitor de soldadura. ....	67
Figura 4.10 Respuesta de frecuencia típica del acelerómetro .....	71
Figura 6.1 Diagrama de flujo del procesamiento de la corriente .....	80

Figura 6.2 Diagrama de flujo del procesamiento del forjado.....	81
Figura A.1 Diagrama de escalera de la programación del PLC .....	86



# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

---

### 1.1 Descripción de la empresa

Envases Comeca S.A. (conocida a partir de aquí como la empresa) es un grupo de empresas que fabrican envases de metal y de plástico. Los tipos de productos que se fabrican son:

- Envases para conservas de dos y tres piezas.
- Envases para aerosoles.
- Forros y anillos de baterías.
- Envases de las familias de pinturas y líquidos.

La cantidad de empleados es de 377, de los cuales 10 son ejecutivos. Se abastece el mercado nacional y se realizan exportaciones a Centroamérica, el Caribe, Europa y México.

Envases Comeca S.A inicia labores el primero de diciembre de 1978 como Compañía de Metales Centroamericana S.A. En la actualidad, el Grupo Mesalles es quién dicta las directrices a seguir a todas las empresas que la constituyen. Envases Comeca S.A es la mayor empresa del Grupo Masalles o Comeca, por lo que asiste y ayuda a las compañías hermanas.

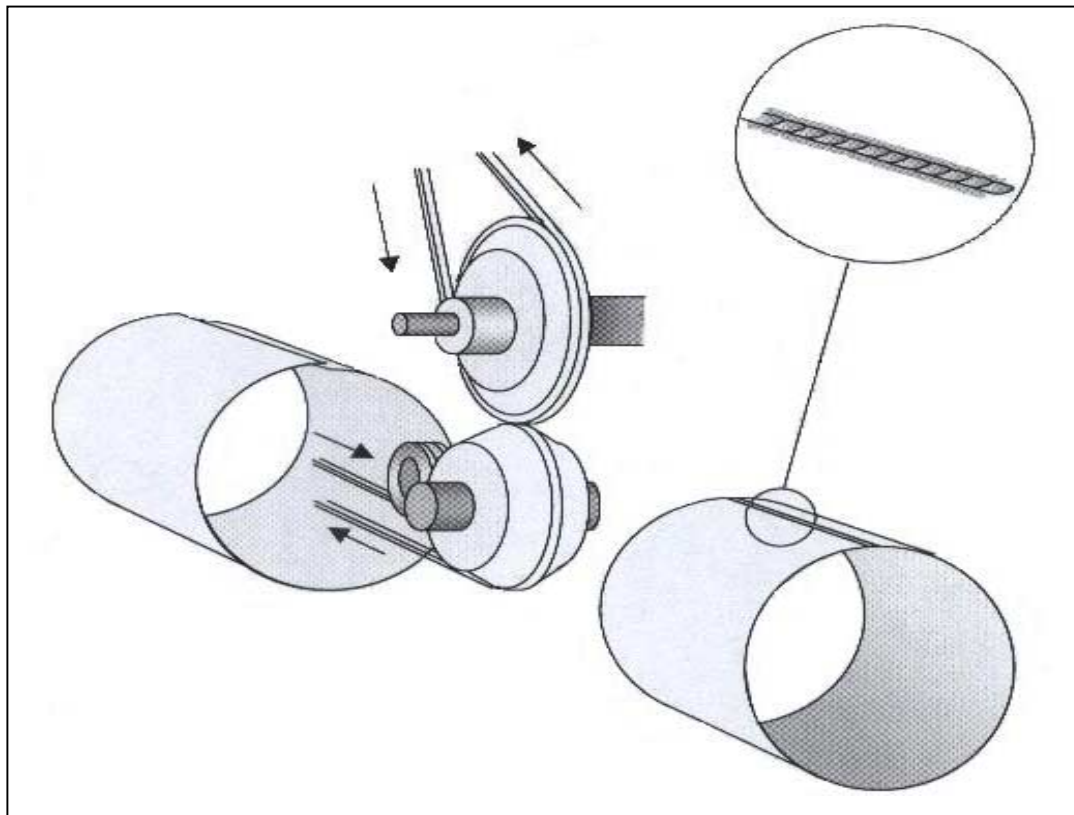
El Departamento de Gerencia Técnica y de Servicio es el departamento donde se va a realizar el proyecto de graduación. Aquí laboran 6 personas, de las cuales 3 son ingenieros, dos son ingenieros mecánicos y uno ingeniero en electrónica. El jefe del departamento es el ingeniero químico Juan Eduardo Umaña.

Este departamento está encargado de desarrollar proyectos con el fin de innovar los procesos de la planta, la compra de maquinaria para la optimización de las líneas de producción y soporte de misma. También se encarga de diseñar envases de los nuevos productos, así como de revisar las especificaciones de los envases tales

como litografiado, espesor, proveedor, etc. En el caso de los mecánicos se encargan de diseñar piezas para las diferentes máquinas. Por último se le brinda soporte técnico y asistencia a los clientes.

## 1.2 Definición del problema y su importancia

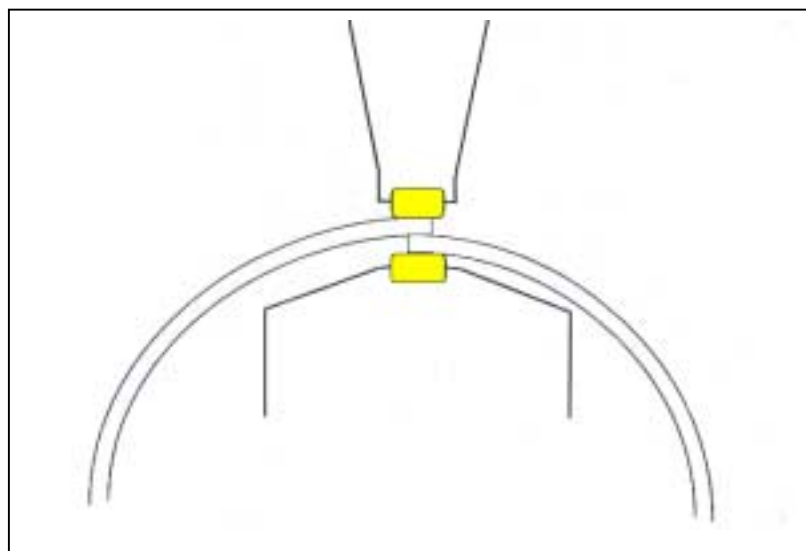
En la fábrica de envases Comeca, se trabaja en diversos módulos de procesamiento del envase de metal. Uno de estos procesos se refiere a la soldadura lateral del envase que lo realiza una máquina específica, previo a la manipulación de las tapas y el contenido del envase. La parte principal de esta máquina, que se muestra en la figura 1.1, ayuda a entender el proceso de manipulación del trozo de metal denominado “blank” que se va soldar, el cuál es una lámina de metal que mecánicamente se maneja de manera que se acople a un cuerpo de un cilindro.



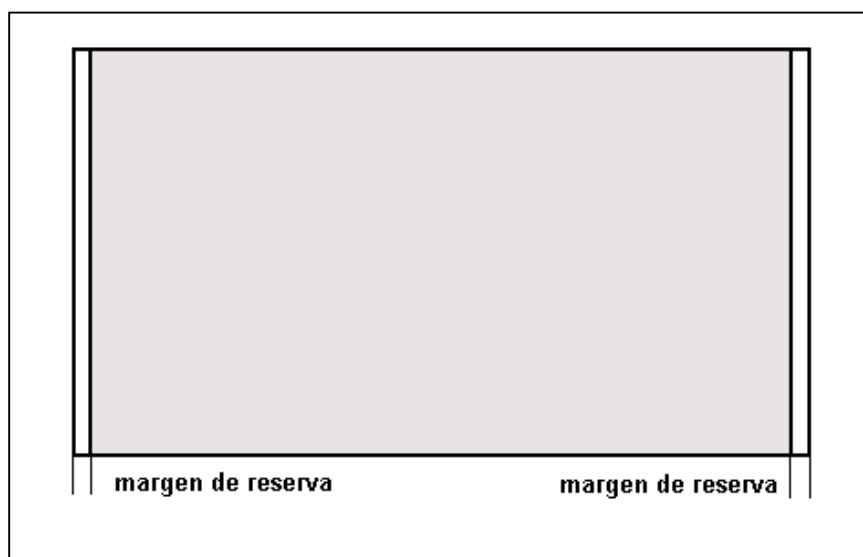
**Figura 1.1** Sistema principal de soldado por resistencia de envases metálicos en su parte lateral.

Este sistema utiliza el principio de soldadura por resistencia, en el cuál se hace fluir una corriente de la roldana superior a la roldana inferior, pasando por un hilo de cobre conductivo. La roldana inferior se mantiene fija en su eje, la roldana superior mantiene un desplazamiento vertical con el fin de que se acople a la superficie variable de la lámina o también cuando no hay ninguna superficie de metal en ese punto. Como la corriente que fluye por el material es grande, la resistencia del material produce el calor necesario para que la lámina, que contiene un porcentaje de estaño, tenga puntos de soldadura como se muestra en la figura 1.1.

En la figura 1.2 se detalla el momento que la lámina se está soldando desde una perspectiva transversal. La parte amarilla es el hilo de cobre que siempre esta recibiendo un desplazamiento para ser constantemente reemplazado por hilo nuevo, ya que cada vez que hace contacto con la lámina de metal, se impurifica y podría ocasionar problemas de soldado. Los dos segmentos que están entre estos hilos son las láminas de metal que van a ser soldadas. Las partes de contacto de las láminas se llaman zonas de reserva y tienen la característica de que no están cubiertas por una capa de protección.



**Figura 1.2** Corte transversal del proceso soldadura del metal



**Figura 1.3** Lámina de metal que se procesa

Como los envases contienen en su mayoría alimentos, o materiales con algún contenido químico, debe de imprimirse una capa de protección al contenido del envase. Por este motivo, se mantiene un margen de reserva para que el material pueda ser soldado sin que tenga influencia de esta capa protectora. La figura 1.3 muestra el margen dejado para soldadura del envase.

El problema a resolver tiene su origen cuando se está dando el proceso de soldadura del envase de metal, que específicamente tiene que ver con la diferencia en la superficie de la soldadura. Esto se puede deber a varias situaciones. Una es que la lámina de metal tenga un error en el corte o que haya sido goleada en alguna de sus partes, lo que provocaría un desplazamiento en la zona de reserva de la lámina, quedando partes sin soldar, ya que la capa protectora tiene características poco conductoras. Otra causa es que haya un traslape de las láminas, debido a un error mecánico de la máquina y que produce los efectos mencionados anteriormente.

También puede darse un error en litografía del material cuando se desplaza una cantidad de la capa impresa del producto o de la capa protectora del contenido. Cuando se hace fluir una corriente muy grande, se generan problemas de soldadura caliente y chisporroteo provocando huecos. Cuando se hace fluir una corriente muy pequeña, la soldadura es fría y se crean pelotas o bolsas de aire. Cuando el alambre de cobre está herrumbrado, no permite el flujo libre de la corriente y como consecuencia queda partes sin soldar.

Todo esto genera una diferencia sustancial en la soldadura, permitiendo fugas del contenido del envase o contaminación del mismo. El problema radica en que los operarios de las máquinas no tienen forma de saber si la superficie presenta alguno de estos defectos, con la excepción de que se toman muestras y se les hacen algunas pruebas de control, pero no se puede saber si todos los envases están correctamente soldados.

Los efectos de este problema radican en la entrega de envases defectuosos al cliente sin previo reconocimiento. El cliente utiliza el envase en el entendido que esté correcto, generando así un problema que tendría como responsable la empresa.

La empresa pretende resolver este problema generando un sistema de identificación de los envases defectuosos, para poder desecharlos en el proceso. El éxito del proyecto consiste en mejorar la calidad del producto que se fabrica y darle al operador una herramienta que le permita tener un mejor control de las variables que puedan afectar la calidad del producto terminado. La prioridad que se le daría al proyecto es la implementación del sistema una vez terminado, ya que el cliente tendría mayor seguridad a la hora de recibir el producto y se establecerían mejores normas de calidad.

### **1.3 Objetivos**

- 1) Se estudiará con detalle y especificaciones el monitor de soldadura existente y su respectivo manual.
- 2) Se estudiará y documentará el concepto físico de la variable aceleración y se realizará mediciones eléctricas al sensor llamado acelerómetro existente en el monitor.
- 3) Se estudiará y documentará el concepto físico de la variable corriente y se realizará mediciones eléctricas al sensor de corriente existente en el monitor.
- 4) Se investigará y documentará la forma de reconocer el momento en que un envase está siendo soldado y se realizarán mediciones eléctricas al sensor de proximidad del monitor existente.
- 5) Se investigará y documentará la forma de reconocimiento del envase en la zona de desecho y se realizarán mediciones al sistema existente en el monitor.
- 6) Se investigará y documentará en que medida influye la velocidad de soldadura de la máquina en el sistema de monitoreo.
- 7) Se investigará y documentará la funcionalidad que tiene la variable alimentación (FEED) proveniente de la máquina de soldadura y se realizarán mediciones eléctricas a la señal.
- 8) Se investigará y documentará la funcionalidad que tiene el sensor de fase proveniente de la máquina de soldadura y se realizarán mediciones eléctricas a la señal.
- 9) Se investigará y documentará la funcionalidad que tiene la señal del disco de blanqueo proveniente de la máquina de soldadura y se realizarán mediciones eléctricas a la señal.

- 10) Se investigará y documentará la funcionalidad que tiene el solapado del blanco proveniente del monitor y que controla la reducción de corriente de la máquina soldadora y se realizarán mediciones eléctricas a la señal.
- 11) Se investigará y documentará los tipos de sensores que se adapten a la medición de las variables utilizadas.
- 12) Se diseñará y documentará un módulo de procesamiento de datos que involucre las entradas y salidas.
- 13) Se diseñará el sistema de desecho del envase tomando en cuenta las variables físicas involucradas y el ajuste mecánico necesario para la operación.
- 14) Se documentará y preparará un informe general de las investigaciones y diseño de las variables y módulos del sistema de monitoreo de la máquina de soldadura.

## **CAPITULO 2**

### **ANTECEDENTES**

---

#### **2.1 Estudio del problema a resolver**

El estudio del monitor es de gran importancia para el desarrollo del proyecto, por lo tanto se va a dar una descripción detallada de su funcionamiento, características, sensores utilizados, señales eléctricas procesadas, variables involucradas, etc.

El monitor monitorea continuamente la soldadura producida por la Soudronic Welder para garantizar la calidad de soldado que está siendo producido y también provee un aviso temprano de muchos problemas relacionados con el equipo. El WQM no es un sustituto para procedimientos de control de calidad estándar y no reemplaza los probadores existentes en la línea.

El WQM no hará cambios en la iniciación de la maquina, la corriente eléctrica o la mayoría de presión del forjado aplicado. Sin embargo un envase comercial pasa todos los estándares de control de calidad que deben ser generados antes de fijar el monitor.



### 2.1.1 Teoría de Soldado

El soldador Soudronic utiliza la soldadura de forjado de resistencia para soldar el traslape de costura de lado de la lata. El principio de la soldadura por resistencia es basado en el hecho de que las superficies de los materiales son calentadas cuando la corriente eléctrica fluye a través de ellos debido a la resistencia del material. La mayoría del calentamiento por resistencia varía con el material, por ejemplo: el acero es un pobre conductor (resistencia alta) que el cobre, el cual es un buen conductor (resistencia baja).

A través de la sección de la parte de soldado que es mostrado abajo, enseña la posición relativa de los materiales y de las partes de la maquina.

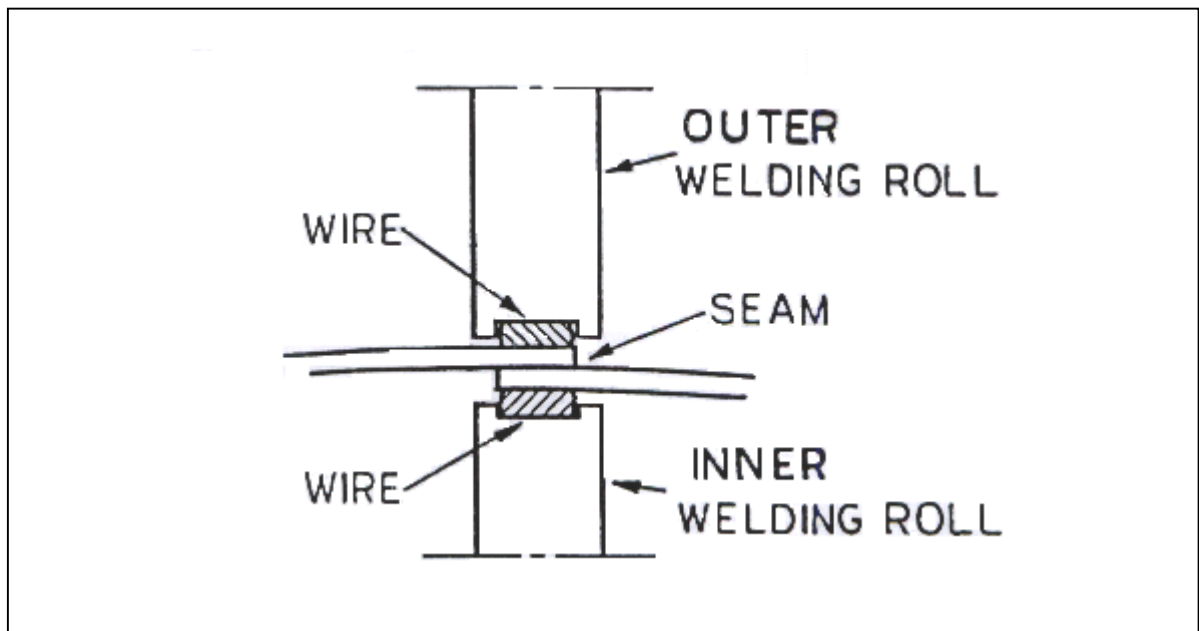


Figura 2.1 Sección de cruce de la estación de soldadura

### 2.1.2 Proceso de Soldado

La siguiente figura ilustra el proceso de soldadura. La corriente eléctrica del transformador fluye a través de la armadura de soldadura y el rol de soldado externo al alambre de cobre en el lado de afuera del recubrimiento de la costura. Ya que el alambre es un buen conductor, la corriente pasa rápidamente a través de él con una ganancia de calor pequeña. Seguidamente la corriente pasa a través del recubrimiento de la costura. Las dos capas de la superficie del plato se calientan por la pobre conductividad eléctrica en la superficie rugosa. Como las capas de la superficie del plato se calientan, se van haciendo más plásticas y ceden a la presión del rol en el forjado de soldadura exterior, comprimiendo las capas juntas a la forma de punto de soldadura o segmento.

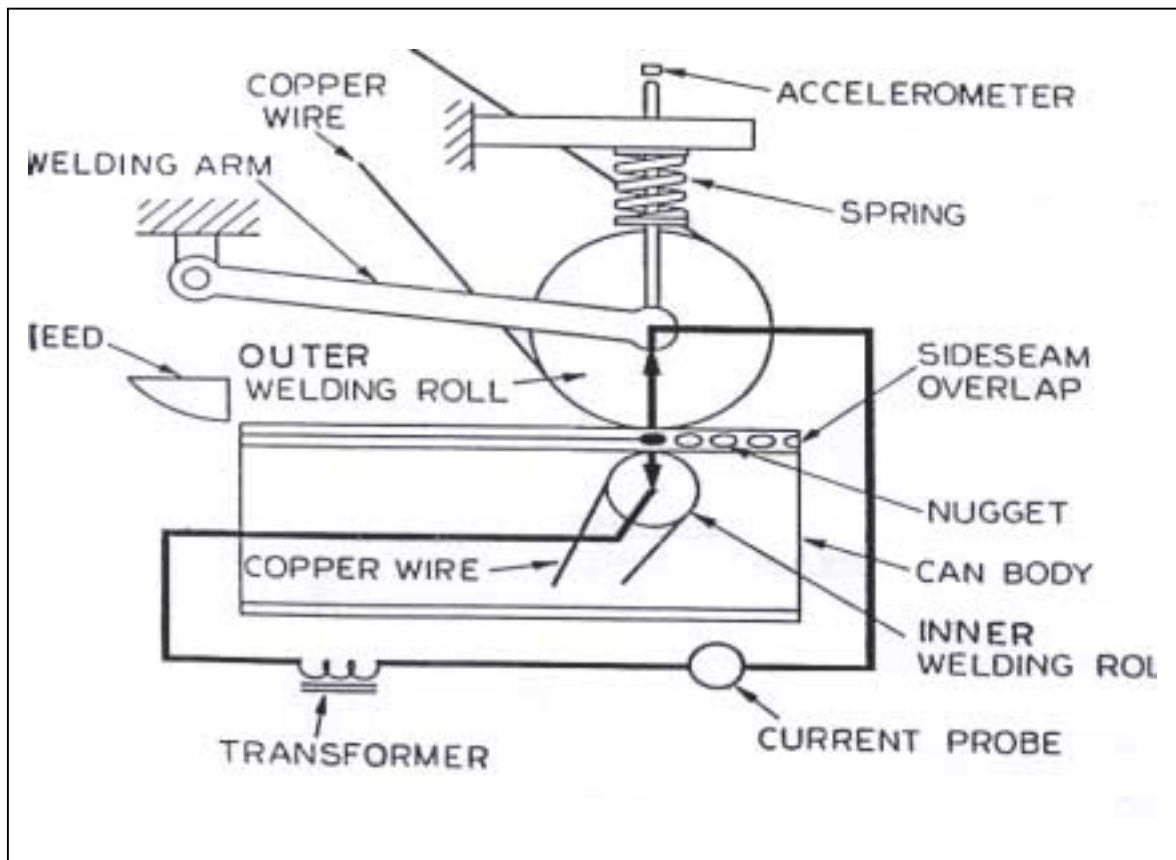
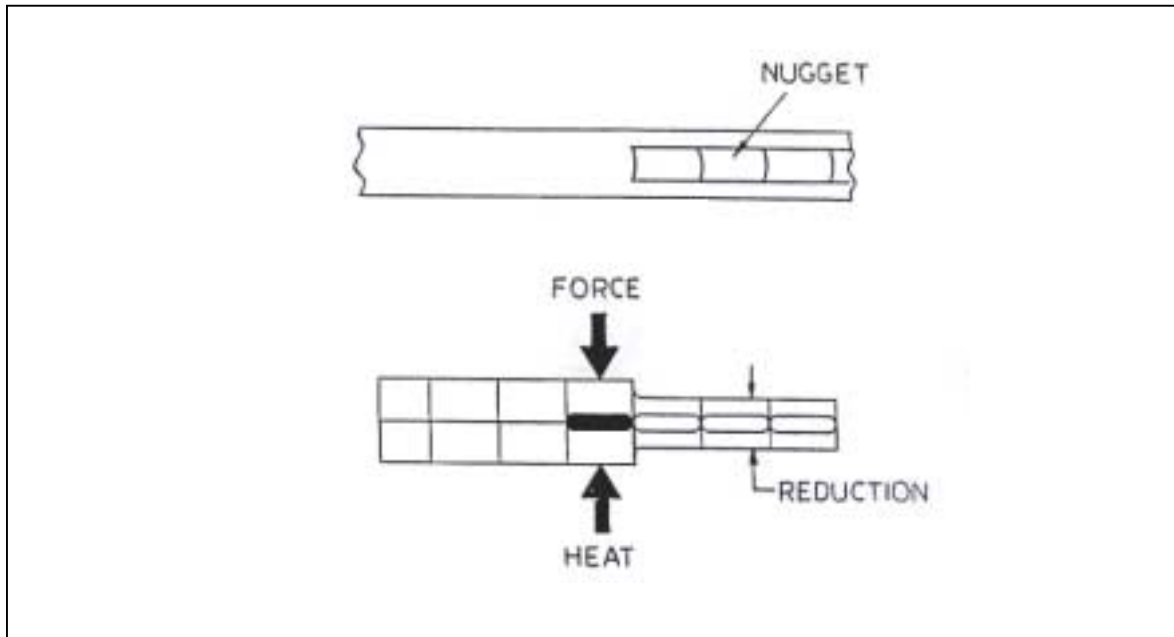


Figura 2.2 Proceso de soldado

El proceso es repetido a través del largo de la costura resultando nudos entrelazados; los cuales son visibles en la costura.



**Figura 2.3** Puntos de soldadura

### 2.1.3 Descripción de la Unidad

La pantalla en el WQM continuamente despliega una forma de la señal representando variaciones en la costura de soldadura. Esto es realizado por la medida de la aceleración del sistema del rol de soldado exterior con el acelerómetro tal y como cada punto de soldadura está siendo formado. La aceleración correlaciona muy aproximadamente con el efecto en la soldadura causado por el material y las variaciones en el proceso.

El WQM está compuesto por dos sistemas de medida independientes. Estos sistemas monitorean simultáneamente dos de los más críticos parámetros; corriente y forjado. Juntos, estos dos parámetros cubren la mayoría posible del rango de los problemas de soldado.

Corriente: El monitor de corriente mide la energía generada a la soldadura la cual resulta del calentamiento de la superficie de soldado con un nivel apropiado de plasticidad.

Forjado: El monitor de forjado mide el movimiento del sistema de roles de soldado que mecánicamente forja la superficie de soldadura caliente en una atadura legítima. El nivel de forjado es un resultado directo del proceso de calentamiento descrito anteriormente.

Ambos sistemas van a responder a incrementos o decrementos más allá de los puntos específicos de activación ajustable por los envases desechados.

#### **2.1.4 Monitoreo de la Corriente.**

Algún cambio en la corriente de soldadura es censado por el probador de corriente de Hall montado adyacente al conductor secundario del transformador de corriente de soldadura.

Esta prueba está designada a medir el cambio en la intensidad del campo magnético, rodeando el conductor secundario del transformador de soldadura que carga la corriente del proceso de soldadura. Este cambio en la intensidad de campo magnético es relacionado al flujo de corriente en una base instantánea, así proveyendo una rápida respuesta a los cambios relacionados las condiciones eléctricas actuales de soldadura. Cada pulso producido por el soldador es medido al instante que ocurre.

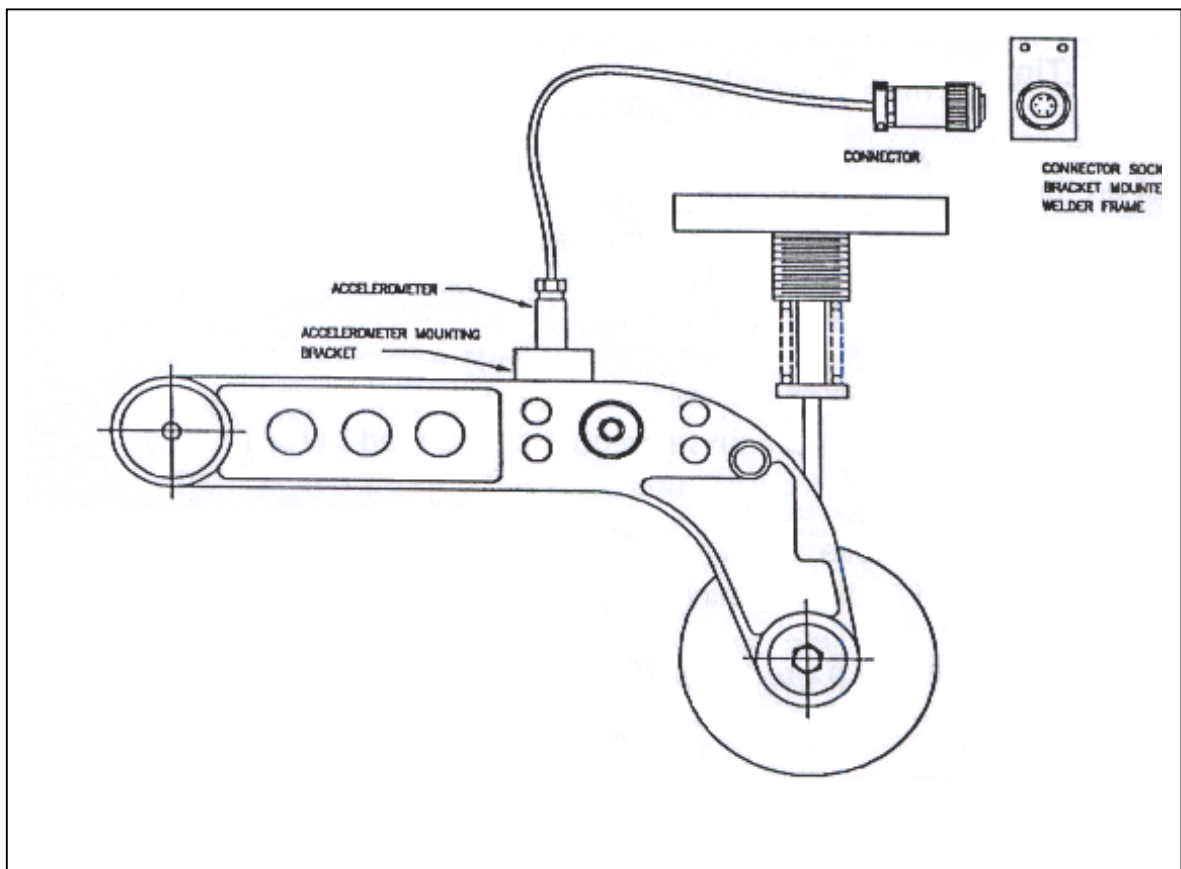
#### **2.1.5 Monitoreo del Forjado**

El nivel en que el forjado toma lugar es basada en la medida de la aceleración del sistema de rol exterior con un acelerómetro cuando los nudos se están haciendo.

Midiendo la aceleración del sistema del rol de soldado externo da una indicación temprana de las condiciones desarrolladas durante la formación de cada punto de la costura. Esto es debido a que las leyes de la física requieren de aceleración para tomar lugar antes que el movimiento actual del rol de soldado de la lata ocurra. La

aceleración se correlaciona muy cerca con el efecto de soldado causado por el material y las variaciones del proceso.

Por lo tanto la información proveída por el acelerómetro puede usarse para identificar variaciones en los resultados de la soldadura y provee una indicación correctiva apropiada de la acción a ser tomada.



**Figura 2.4** Ubicación del acelerómetro en el brazo de armadura de la roldana de soldadura.

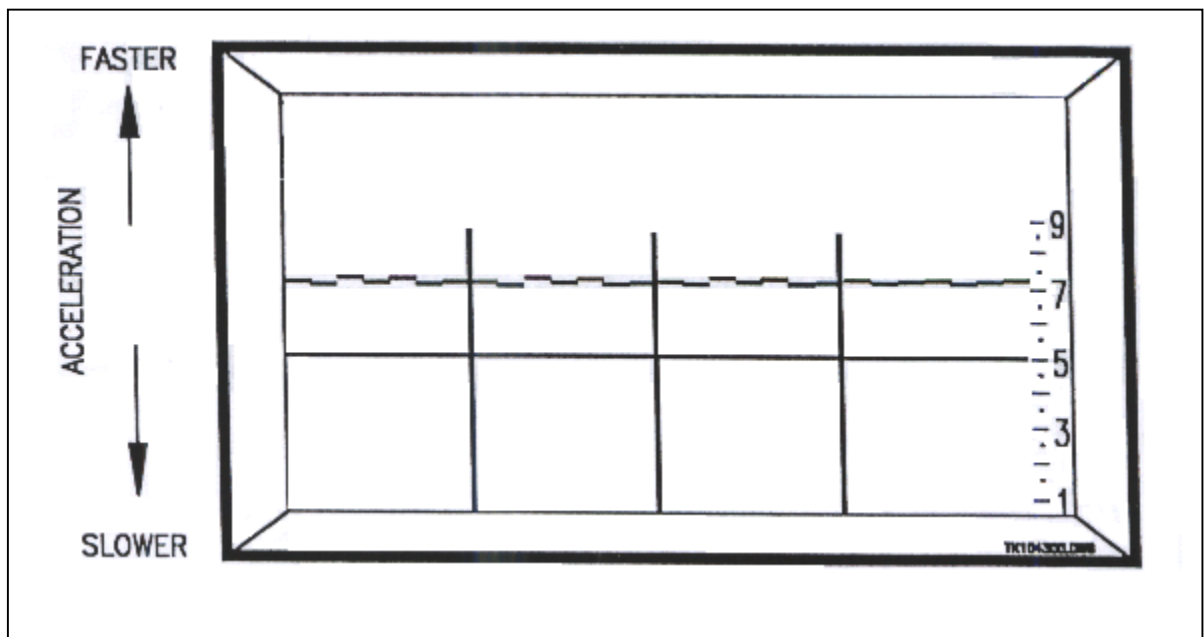
### 2.1.6 Explicación del display

La pantalla del WQM despliega la aceleración del rol de soldadura externo.

Si la corriente, la resistencia eléctrica de las superficies, y la presión de la fragua de la fuente del rol de la soldadura externo se mantienen constantes, la aceleración del rol de punto a punto va a ser constante. Bajo estas condiciones el display va a mostrar una línea horizontal con rizado, sin saltos significantes.

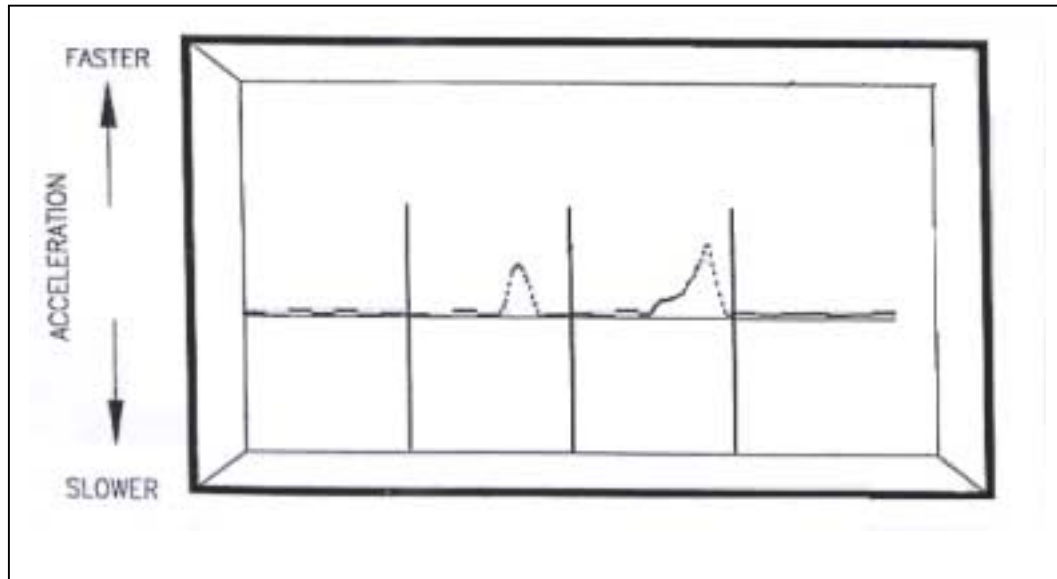
Cuando las superficies en el área de soldado se vuelven mas plásticas, el rol de soldadura se mueve (acelera) más rápido en la unión de las dos superficies del acero juntas. La línea horizontal en la pantalla se mueve hacia arriba.

Nota: La línea de referencia horizontal la cual representa una lata buena en cada figura no aparece en la pantalla del WQM.



**Figura 2.5** Despliegue de la señal de forjado.

Si solo uno de los diferentes nudos está complicado, una punta hacia arriba se desplegará.



**Figura 2.6** Pico hacia arriba de la señal de forjado

Recíprocamente, cuando las superficies en el área de soldado se vuelven menos plásticas, el rol de soldadura se mueve menos rápido en la unión de las dos superficies del acero juntas. La línea horizontal en la pantalla se mueve hacia abajo.

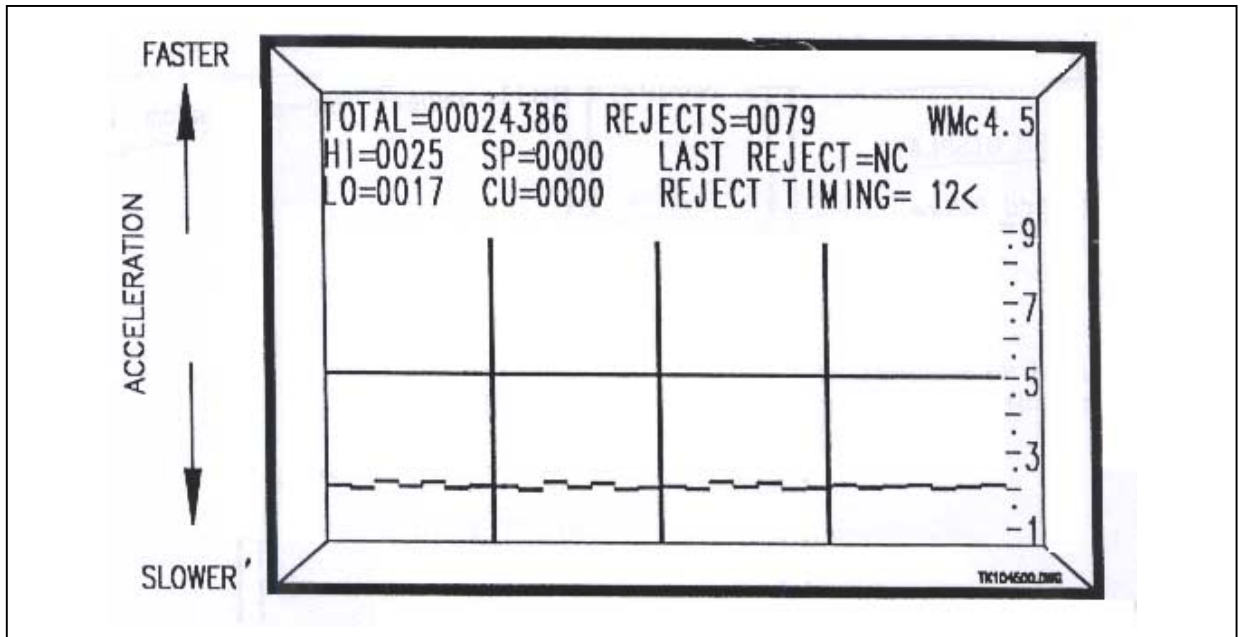


Figura 2.7 Señal de forjado para la soldadura fría

Si solo uno de los diferentes nudos está complicado, una punta hacia abajo se desplegará.

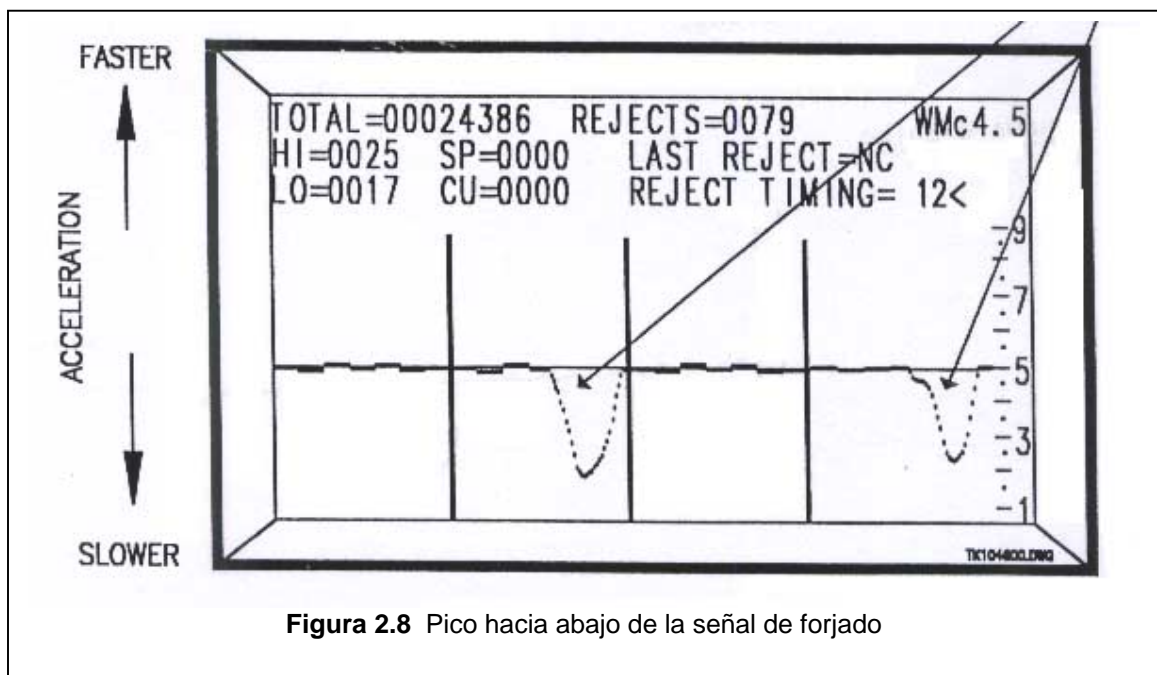


Figura 2.8 Pico hacia abajo de la señal de forjado



### 2.1.7 Despliegue de la forma de onda

La siguiente figura de forma de onda ilustra el defecto más común de la lata. El despliegue actual variará y la lata se podrá combinar con uno o más de los ejemplos.

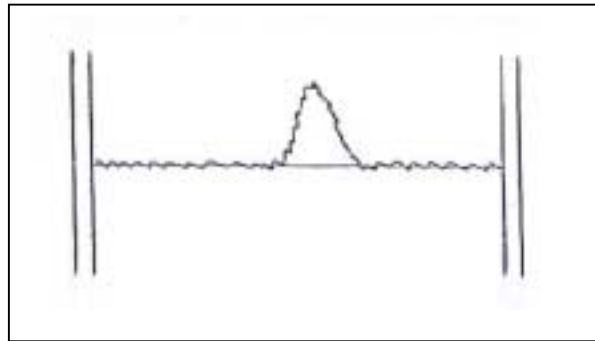
Las causas son listadas para ayudar la operador/mecánico a solucionar el problema.

Patrón repetitivo - la mayoría de muestras serán repetitivas.

Patrón aleatorio – algunas muestras se repetirán en forma aleatoria.

Despliegue de la forma de onda

1. Punta hacia arriba.



**Figura 2.9** Punta hacia arriba de la señal de forjado del envase de metal

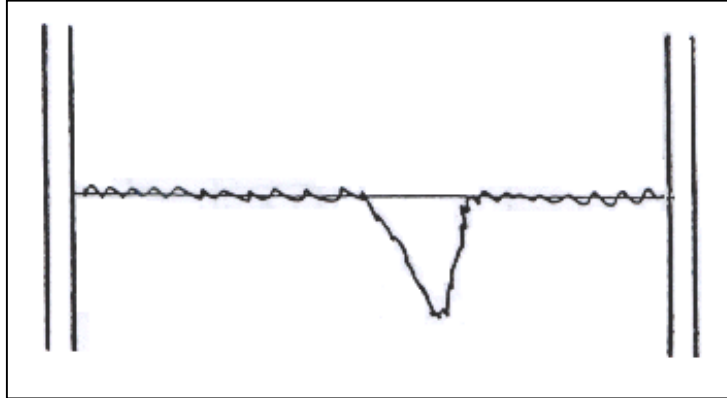
Causas (patrón aleatorio)

- Litografía o capa en el área de costura.
- Material externo.
- Suciedad en la lámina.

Causas (patrón repetitivo)

- Imperfección del rol de superficie de soldado

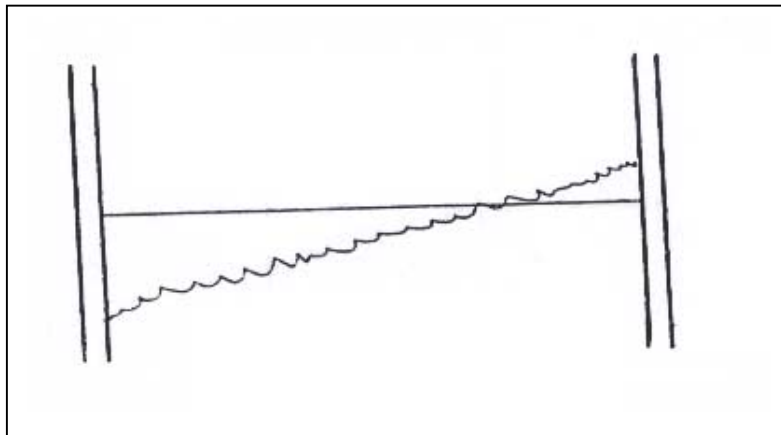
2. Punta hacia abajo.



**Figura 2.10** Punta hacia abajo de la señal de forjado del envase de metal

Causas (patrón repetitivo)

- Estrechamiento del alambre.
  - Daño en la orilla de la lámina.
3. Recubrimiento estrecho.



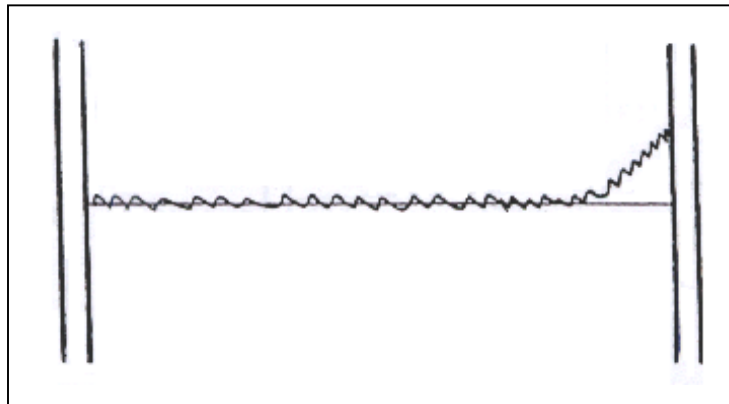
**Figura 2.11** Recubrimiento estrecho de la señal de forjado del envase de metal

### Causas (patrón repetitivo)

- Blanco descuadrado.
- Anillo de calibración muy lejos adelante y atrás.
- Roles de los anillos de calibración fuera de ajuste.
- Barra Z ubicada incorrectamente.
- Barra Z estropeada.

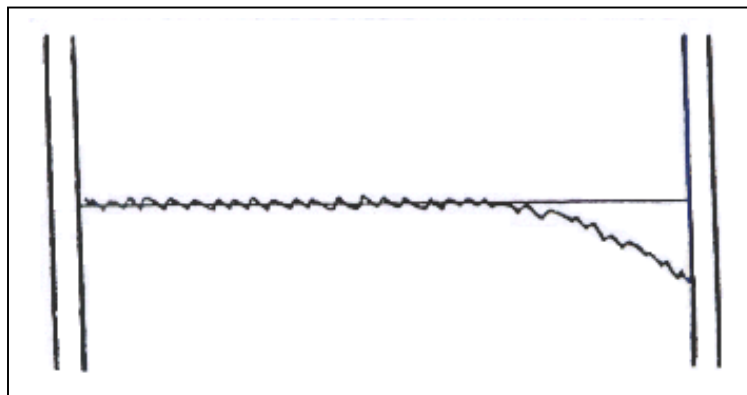
### Borde de ataque

4. Traslape insuficiente



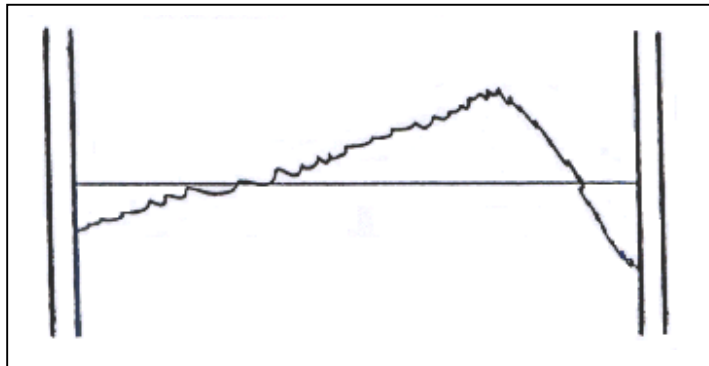
**Figura 2.12** Traslape insuficiente de la señal de forjado del envase de metal

5. Traslape excesivo



**Figura 2.13** Traslape excesivo de la señal de forjado del envase de metal

6. Faldon abierto



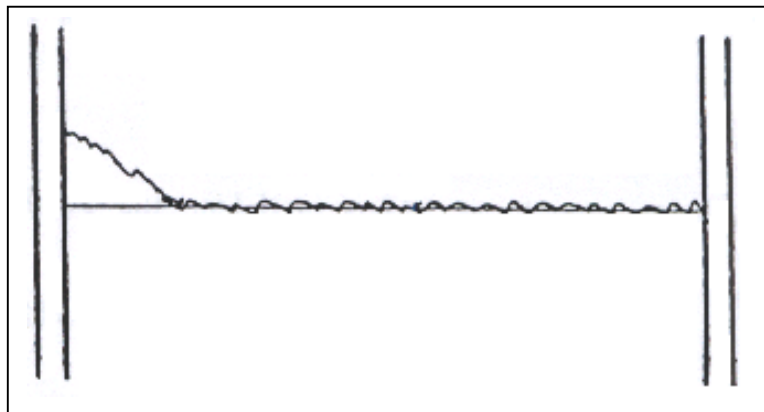
**Figura 2.14** Faldon abierto de la señal de forjado del envase de metal

Causas – 4, 5, 6 (patrón repetitivo)

- Blanco descuadrado.
- Anillo de calibración muy lejos adelante y atrás.
- Roles de los anillos de calibración fuera de ajuste.
- Barra Z ubicada incorrectamente.
- Hueco excesivo entre las latas.
- Recargo en los roles de soldado.

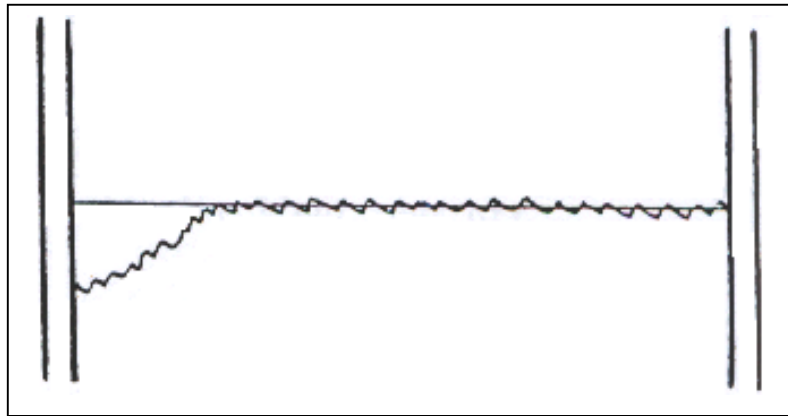
Borde final.

7. Traslape insuficiente



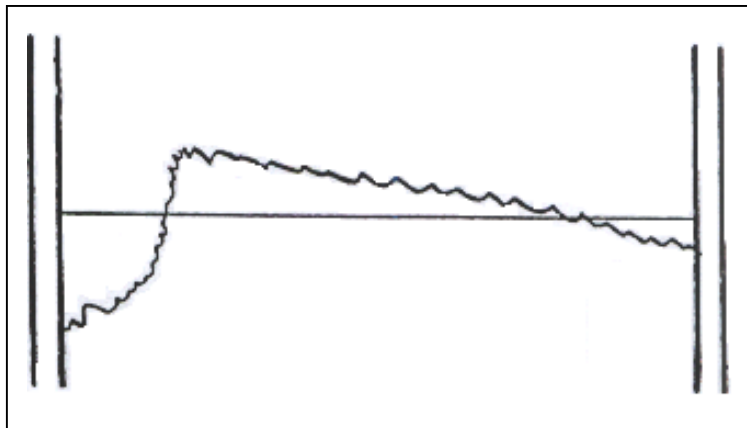
**Figura 2.15** Traslape insuficiente de la señal de forjado del envase de metal

8. Traslape excesivo



**Figura 2.16** Traslape excesivo de la señal de forjado del envase de metal

9. Faldón abierto



**Figura 2.17** Faldón abierto de la señal de forjado del envase de metal

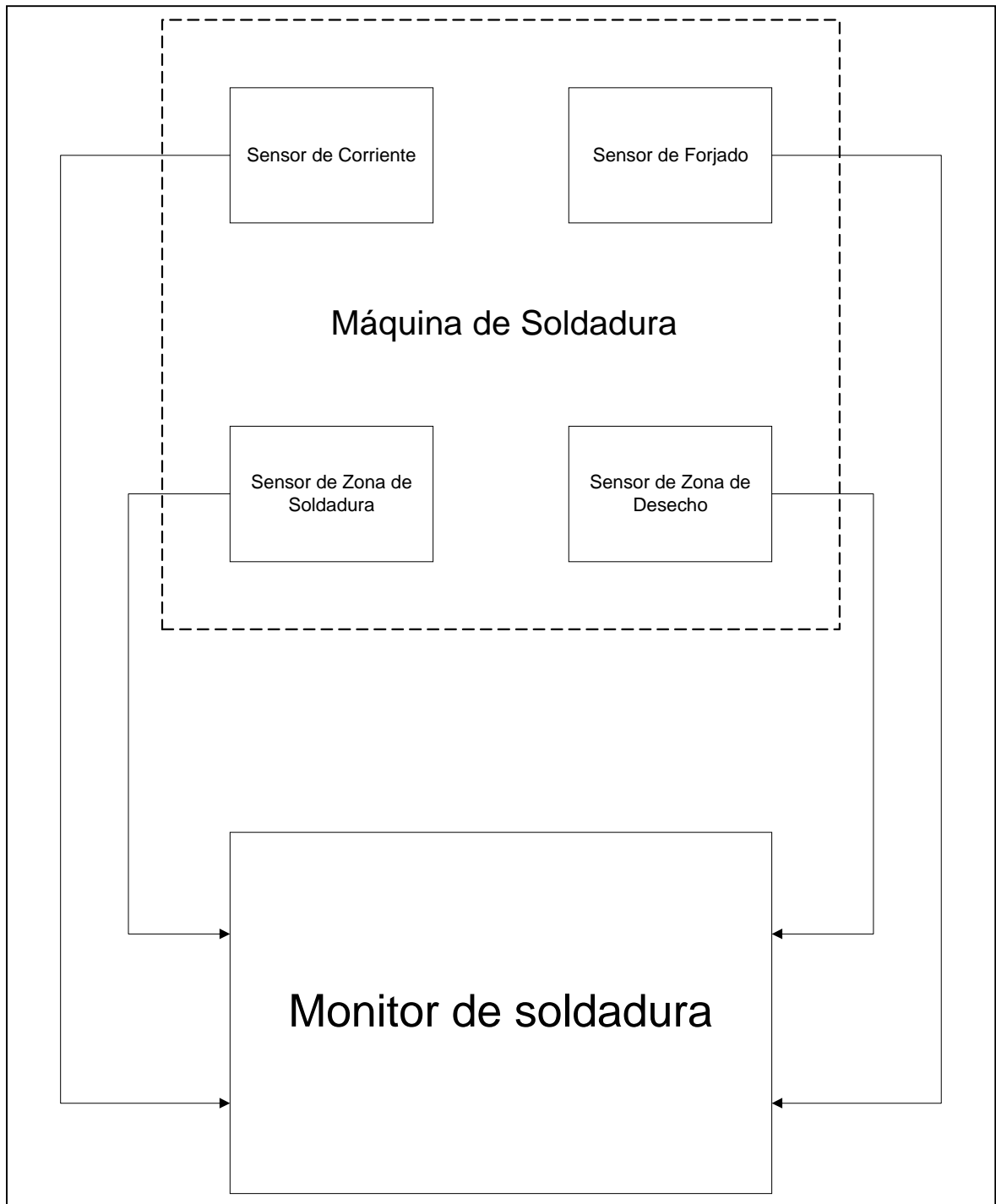
Causas – 7,8,9 (patrón repetitivo)

- Blanco descuadrado.
- Roles de los anillos de calibración fuera de ajuste.
- Barra Z ubicada incorrectamente.
- Cinturones de transporte no están temporizados correctamente o desalineados.

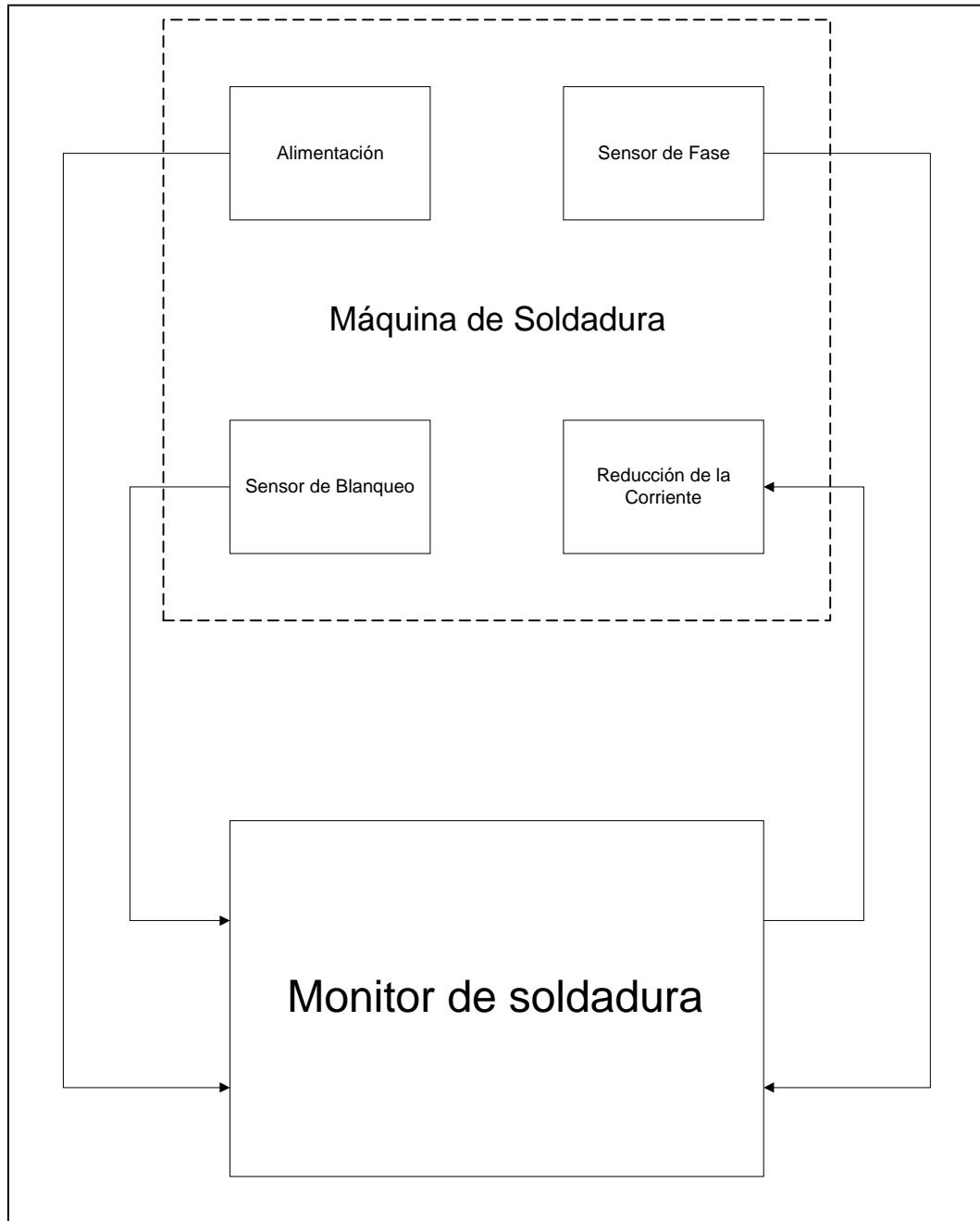
### **2.1.8 Interfase del Monitor con la Máquina de Soldadura.**

El monitor de soldadura tiene dos fuentes de información que procesa para tomar decisiones. Una es proveniente de sensores montados en diferentes puntos de la máquina y otra es proveniente de sensores ya establecidos en la máquina. En la figura 2.18 se tienen las entradas de sensores al monitor y son los siguientes: Sensor de corriente, Sensor de Forjado, Sensor de Zona de Soldadura, Sensor de Zona de Desecho. En la figura 2.19 se tienen los sensores provenientes de la máquina de soldadura los cuales son: Alimentación, Sensor de Fase, Sensor de Blanqueo, Reducción de la Corriente.

Se va ir explicando cada una de las fuentes de información con diagramas de conexión entre las tarjetas internas del monitor y con señales medidas con osciloscopio.



**Figura 2.18** Interfase de sensores con el monitor de soldadura

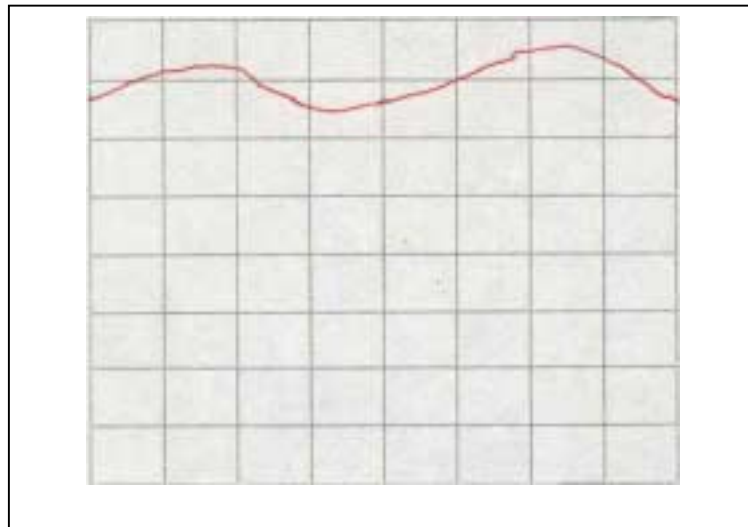


**Figura 2.19** Interfase de la maquina de soldadura con el monitor de soldadura

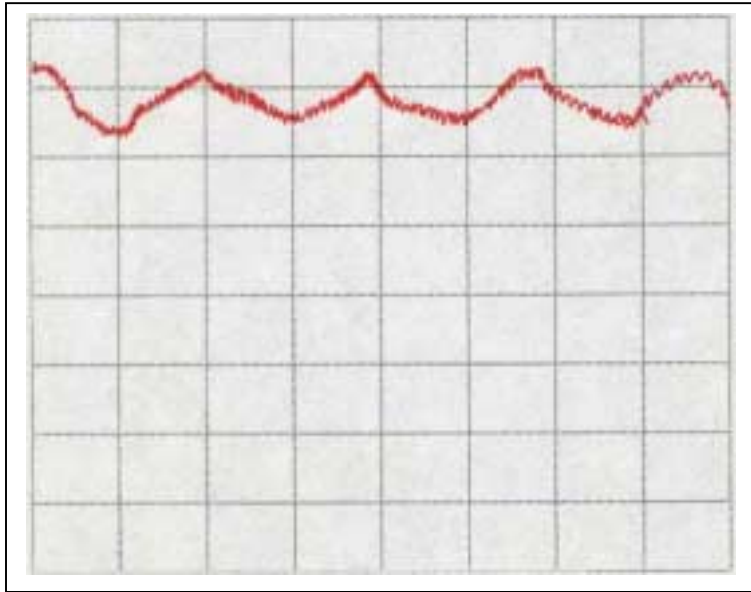


### 2.1.8.1 Sensor de Corriente

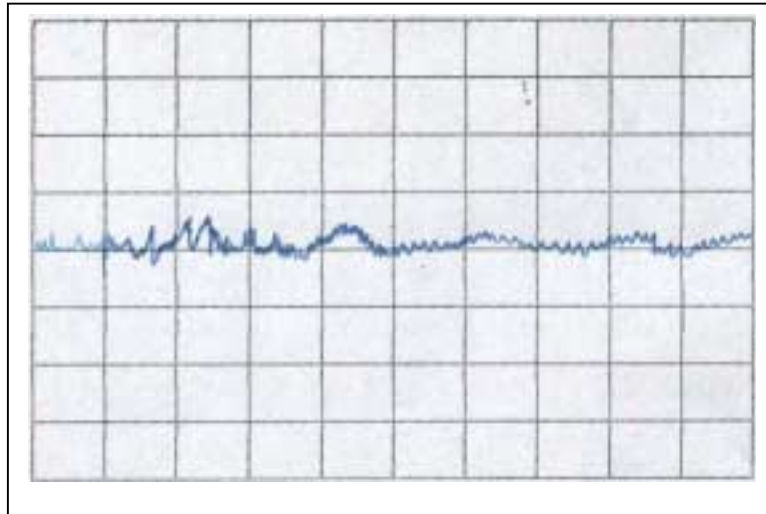
La corriente de soldadura de la máquina se toma del secundario del transformador de corriente que convierte una corriente de 100A a 7600A. Para poder determinar la corriente de soldadura se posicionó el Sensor de Hall de corriente en una de las barras. La señal proveniente de este sensor se da en la figura 2.20, 2.21 y en la figura 2.22 en las cuales se observa una señal periódica que oscila entre  $5V \pm 1V$  lo que indica que el sensor de corriente tiene una salida analógica con un voltaje de referencia. En la figura 2.23 se da un diagrama de conexión entre las tarjetas del monitor y el sensor de corriente. La señal proveniente del sensor se recibe en un optoacople llamado TB1-1, luego se conecta en el Slot 4 que tiene una salida a un medidor de corriente y otra al Slot 5 donde se toma la decisión de expulsión del envase.



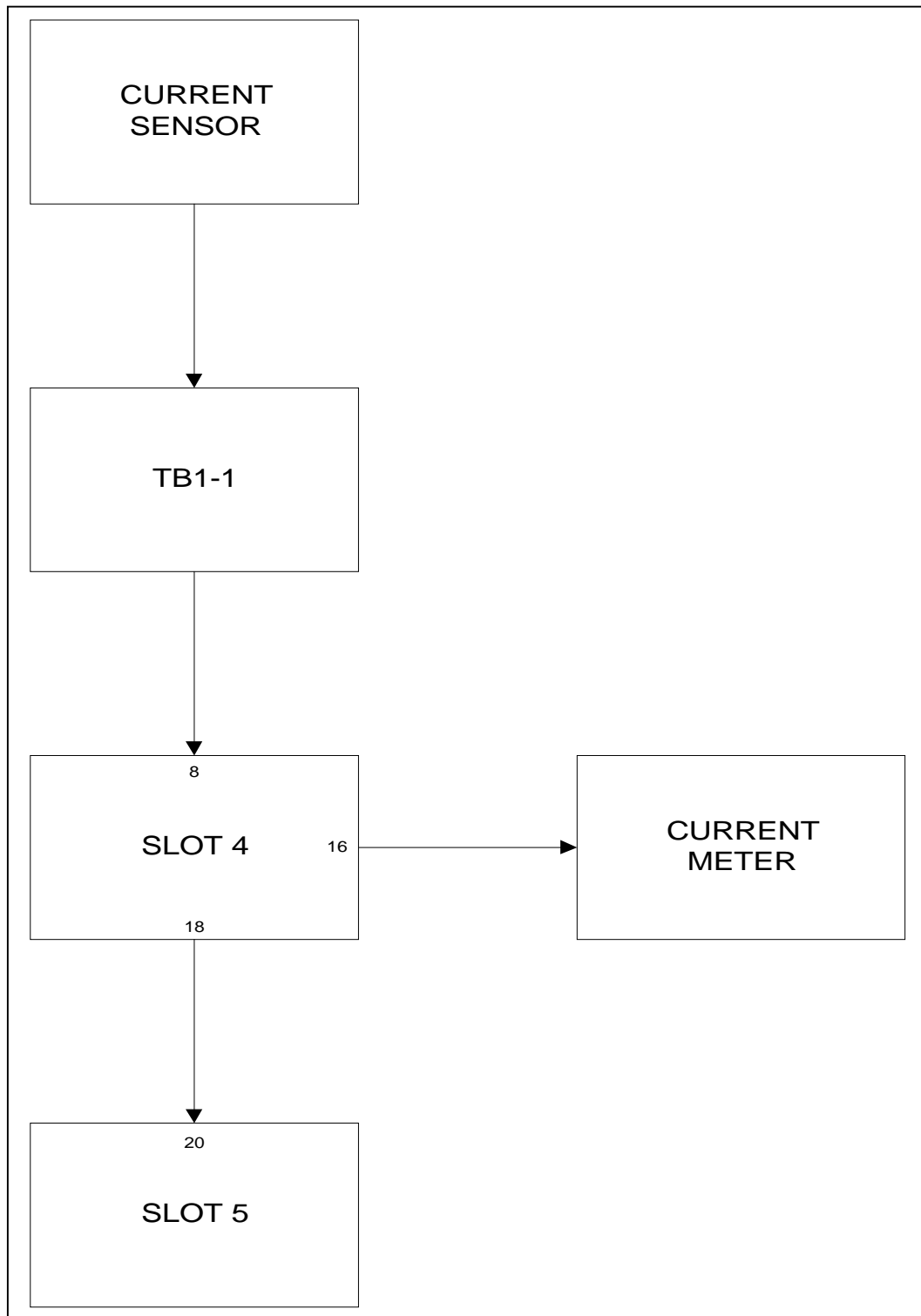
**Figura 2.20** Señal proveniente del sensor de corriente en no-producción con 2V/div y 1ms/div



**Figura 2.21** Señal del sensor de corriente en producción con 2V/div y 2ms/div



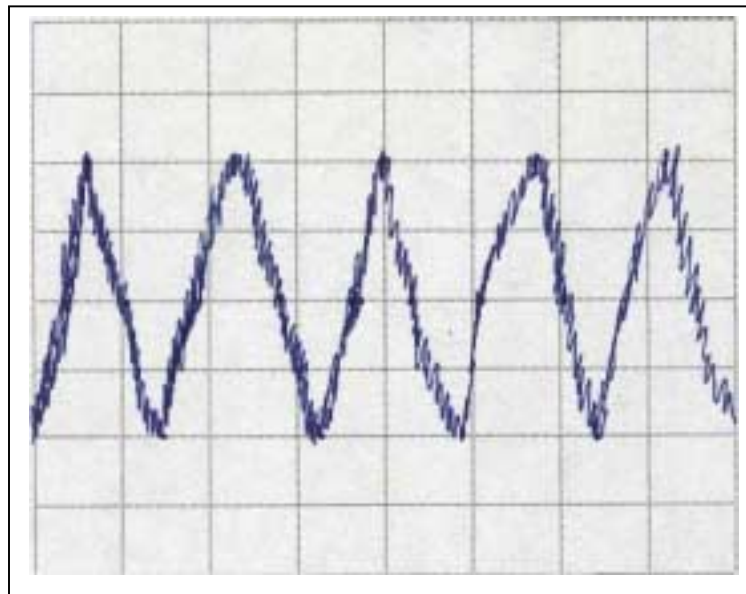
**Figura 2.22** Señal del sensor de corriente en producción con 5V/div y 20ns/div



**Figura 2.23** Diagrama de conexión del sensor de corriente con las tarjetas del monitor de soldadura

### 2.1.8.2 Sensor de Forjado

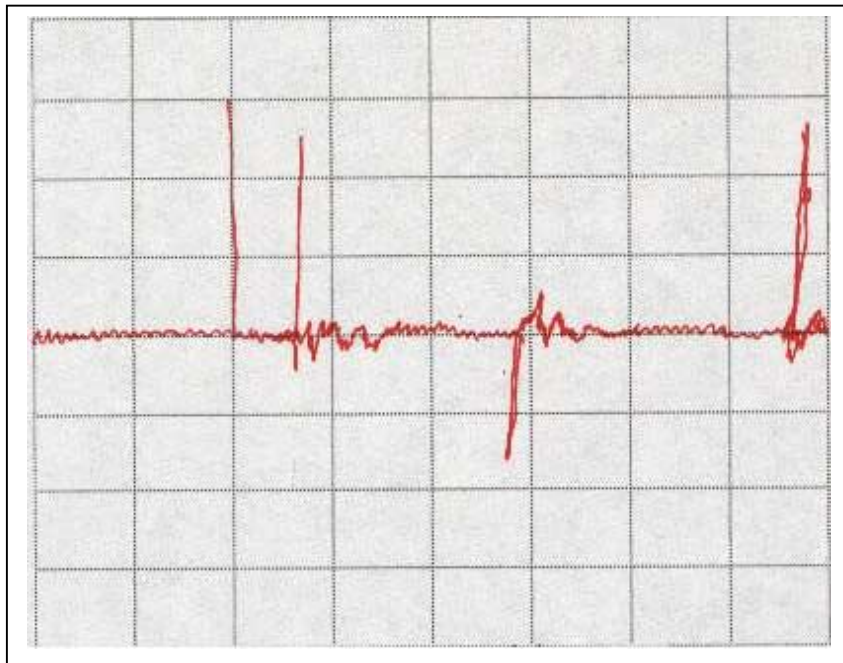
El sensor de forjado está ubicado en la parte superior del tornillo que sirve como eje para el resorte que soporta la roldana superior, por lo tanto la aceleración se toma directamente del desplazamiento de la roldana superior. Esta medición nos indica la manera de cómo va siendo terminada la soldadura del envase e indicaría cualquier anomalía que se presente con respecto a sobrepasar los valores preestablecidos por el usuario. En las figuras 2.24, 2.25, 2.26 se dan las mediciones tomadas al sensor para diferentes frecuencias. Se muestra con claridad que cada pulso de subida y de bajada indican el momento en que se empieza a soldar el envase y que se termina de soldar el envase. En la figura 2.27 se muestra la conexión entre el sensor de forjado y las tarjetas del monitor. La conexión al sensor es el optoacople TB1 el cuál se conecta en el Slot 14. De ahí pasa al medidor de forjado, también al Slot 9 que se conecta con el display para el despliegue de datos. Adicionalmente el Slot 14 se conecta con el Slot 12 para la determinación del envase que tiene que ser desechado.



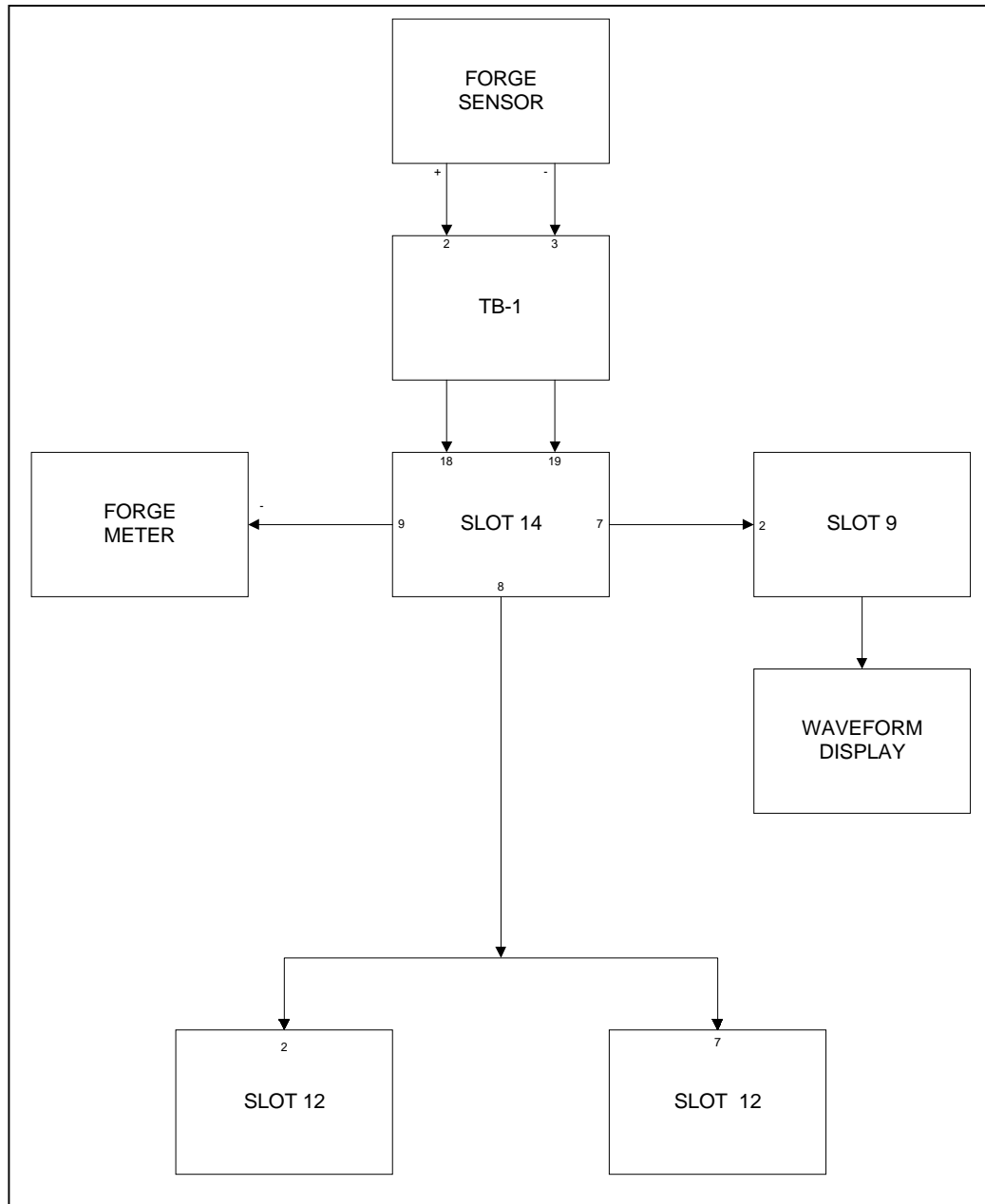
**Figura 2.24** Señal de forjado proveniente del acelerómetro con 1V/div y 10ms/div



**Figura 2.25** Señal de forjado proveniente del acelerómetro con 1V/div y 50us/div



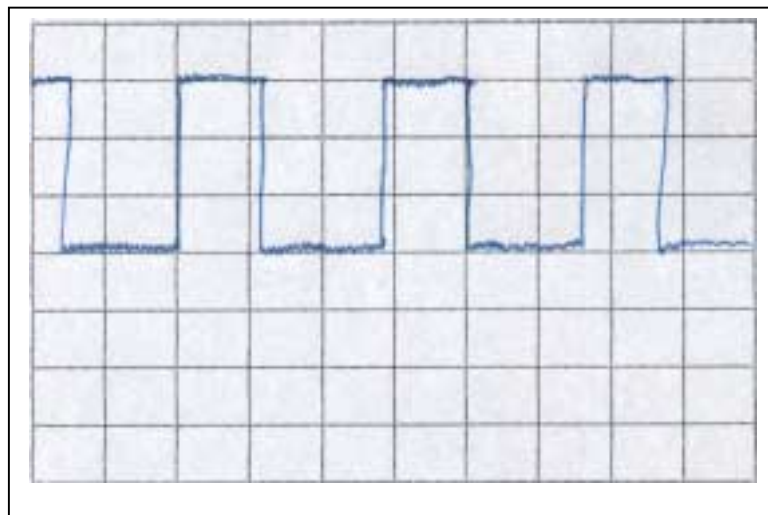
**Figura 2.26** Señal de forjado proveniente del acelerómetro con 20mV/div y 20us/div



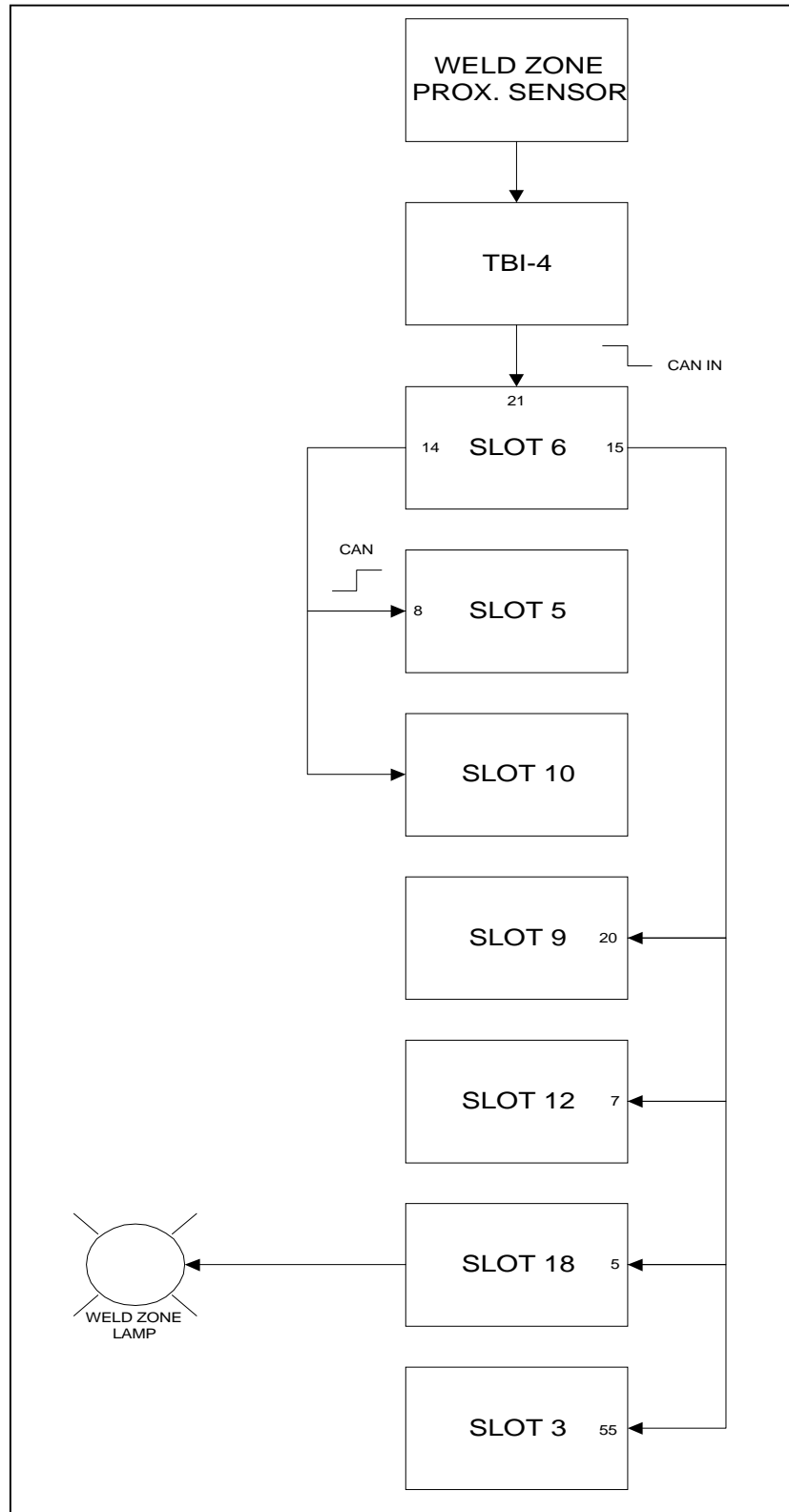
**Figura 2.27** Diagrama de conexión entre el acelerómetro y las tarjetas del monitor de soldadura

### 2.1.8.3 Sensor de Zona de Soldadura

El sensor de zona de soldadura está establecido en una zona ubicada unos milímetros después de que el envase es soldado y va detectando la presencia de envase. En la figura 2.28 se muestra una señal medida en el osciloscopio del sensor, de tal manera que está en 15V cuando no hay envase y está en 0V cuando hay envase. En la figura 2.29 se muestra la conexión del sensor con las tarjetas del monitor. El sensor es conectado al optoacople TB1-4, que a su vez es conectado al Slot 6, donde se determina el momento en que está pasando el envase. De esta tarjeta pasa a algunas otras tarjetas como al Slot 5 o Slot 12 que son tarjetas que identifican los errores en la corriente o en el forjado por lo tanto deben identificar los envases defectuosos para poder desecharlos.



**Figura 2.28** Señal del sensor de zona de soldadura con 5V/div y 100ms/div

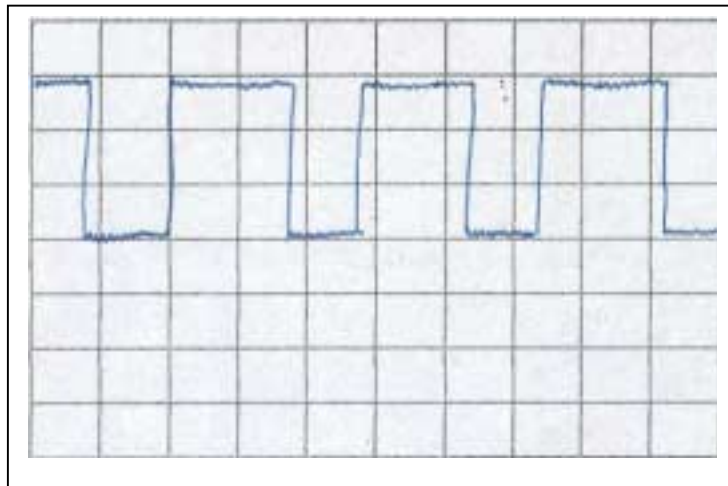


**Figura 2.29** Diagrama de conexión entre el sensor de zona de soldadura y las tarjetas del monitor de soldadura

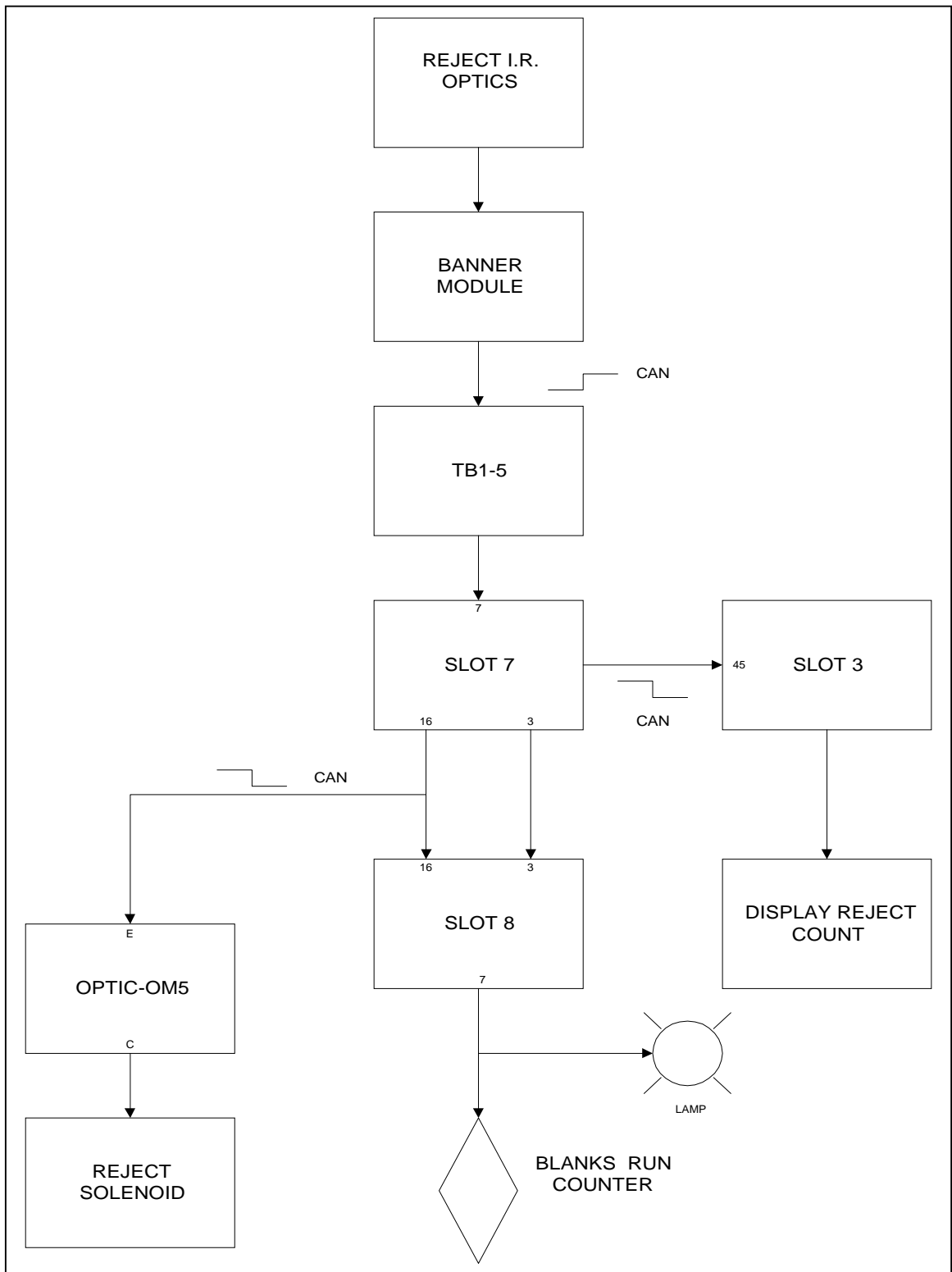


#### 2.1.8.4 Sensor de la Zona de Desecho

Este sensor está instalado en la zona de desecho centímetros antes de que pase por la válvula de expulsión y se utiliza para detectar la presencia del envase defectuoso para poder expulsarlo. En la figura 2.30 se muestra la señal proveniente del sensor y se ve claramente la en que momento pasa y en otro deja de pasar. En la figura 2.31 que pasa el optoacople TB1-5, luego llega al Slot 7 para pasar al Slot 23 y el despliegue de la cuenta de expulsiones. Además pasa por el Slot 8 y luego a un contador de blancos y por último pasa al solenoide de expulsión.



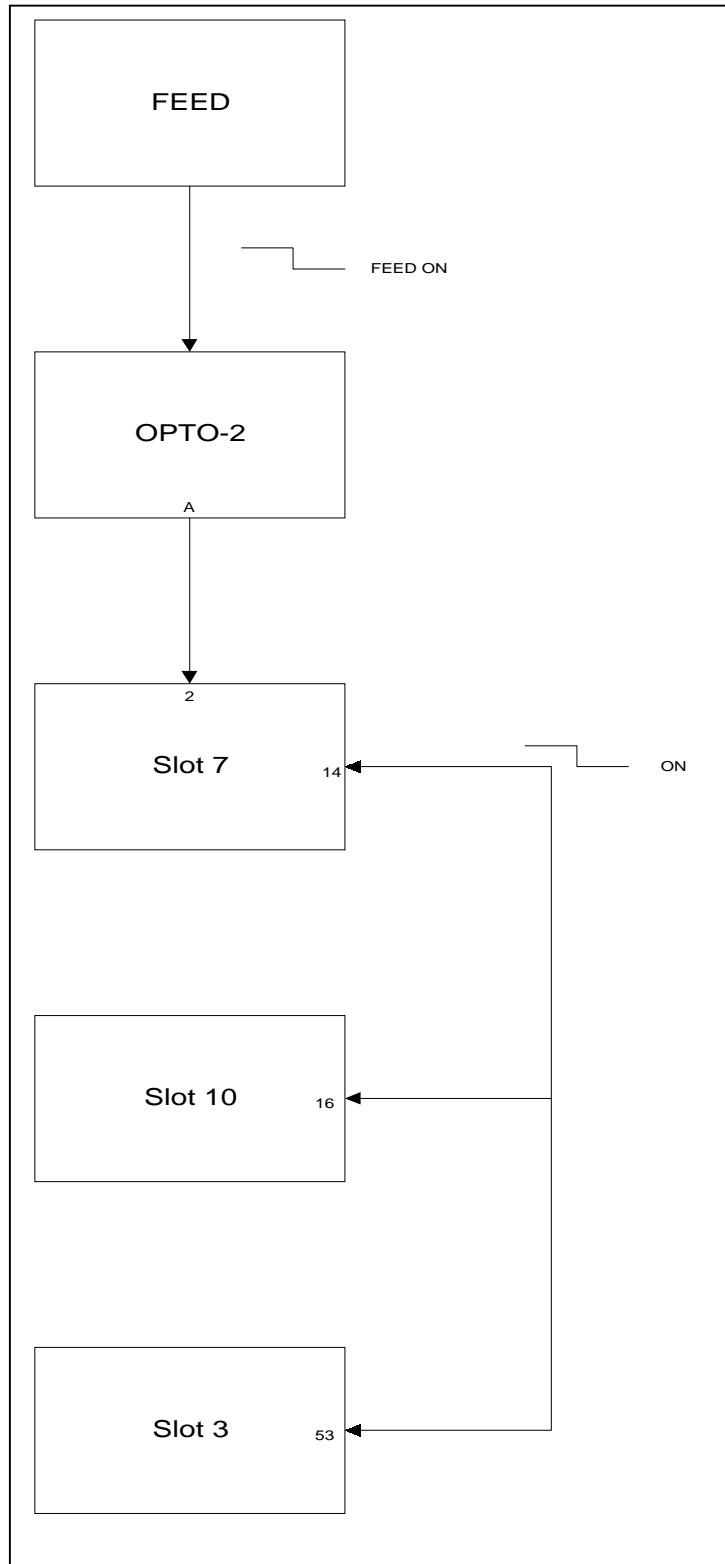
**Figura 2.30** Señal del sensor de la zona de desecho con 5V/div y 100ms/div



**Figura 2.31** Diagrama de conexión del sensor de la zona de expulsión con las tarjetas del monitor de soldadura

### **2.1.8.5 Alimentación**

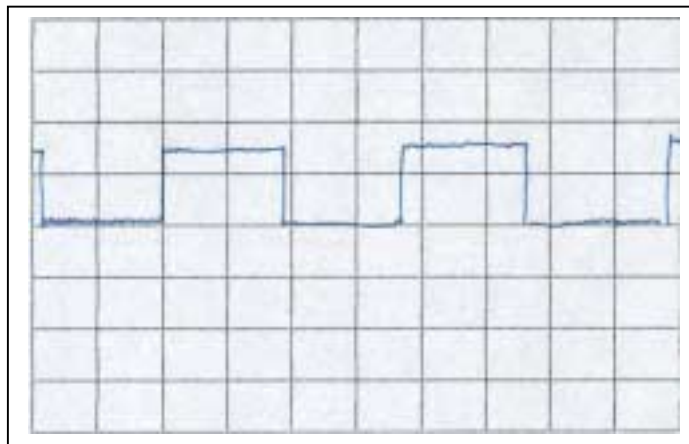
Esta variable proveniente de la máquina de soldadura indica cuando están corriendo los envases para que sean soldados. En la figura 2.32 se muestra el diagrama de conexión entre esta variable y las tarjetas del monitor. Esta señal llega al Slot 7 para que el monitor empiece a tomar las mediciones a la máquina. Del Slot7 salen dos señales para los Slot 10 y el Slot 3.



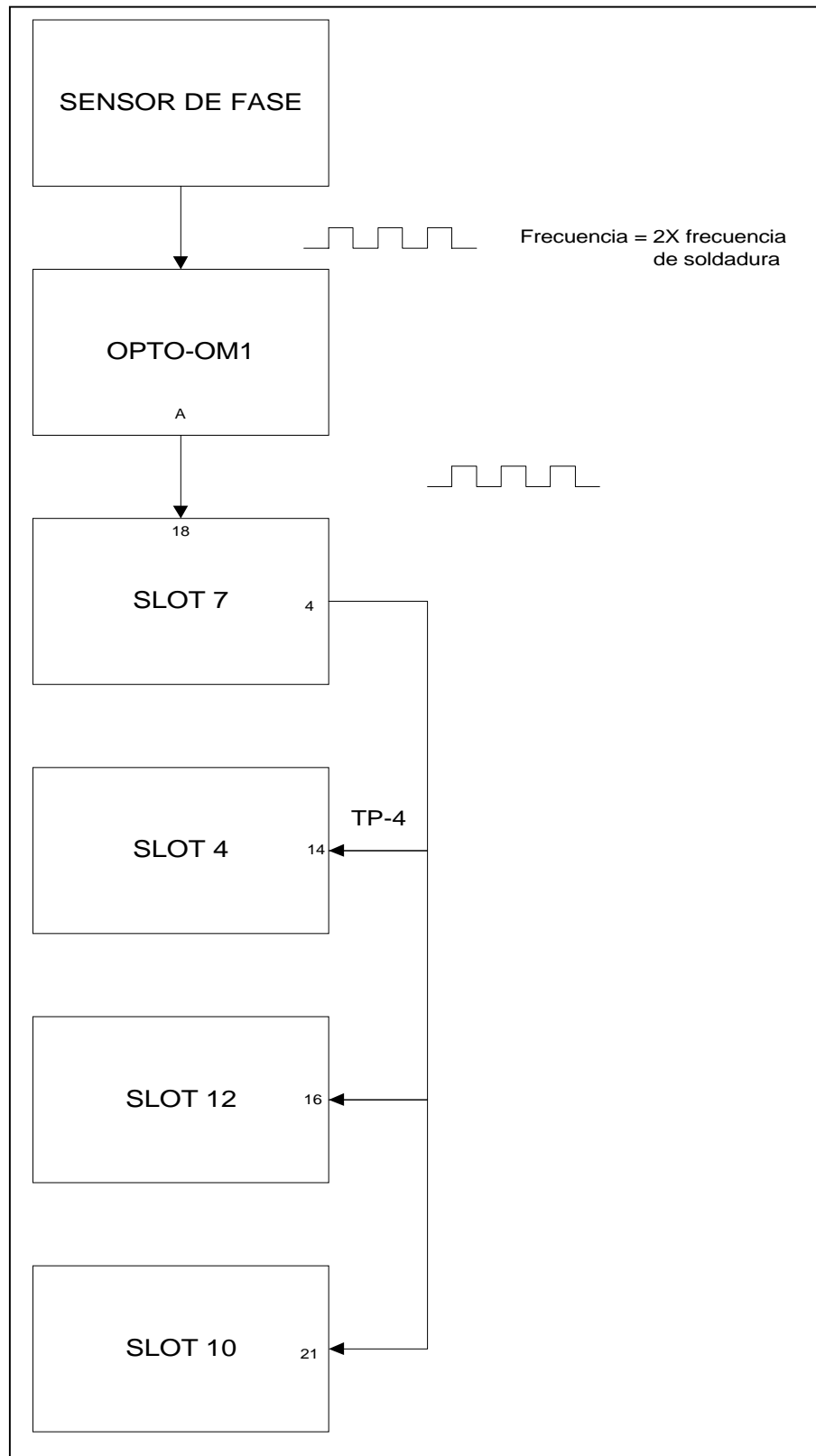
**Figura 2.32** Diagrama de conexión de la señal de alimentación con las tarjetas del monitor de soldadura

### 2.1.8.6 Sensor de fase

El sensor de fase de la señal de corriente está determinado por un ajuste que se le hace a la frecuencia para que mantenga los puntos de soldadura constantes ante variaciones en la velocidad de soldadura. En la figura 2.33 se muestra que cada pico de la corriente genera un punto en la costura de la soldadura, por lo tanto si se aumenta la frecuencia, aumenta el número de puntos por determinada distancia. En la figura 2.34 se muestra el diagrama de conexión del sensor con las tarjetas del monitor. Pasando por el optoacople OPTO-OM1 llega al Slot 7, pasando luego al Slot 4, Slot 12 y al Slot 10. Esta señal se utiliza para determinar el número de puntos de soldadura presentes en el envase y conforme a este dato, hacer la graficación uniformemente.



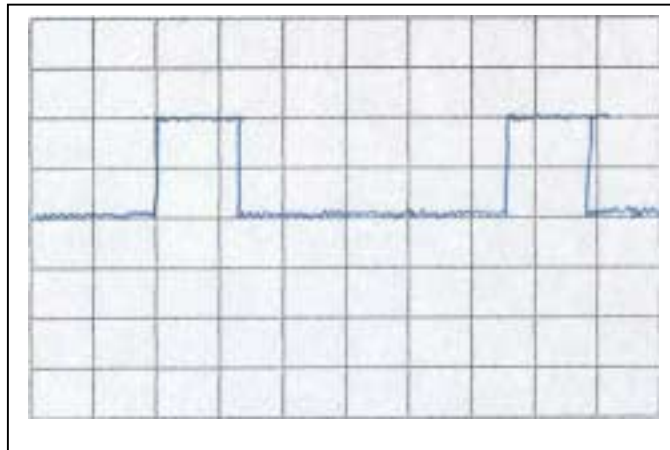
**Figura 2.33** Señal del sensor de fase con 10V/div y 500us/div



**Figura 2.34** Diagrama de conexión del sensor fase con las tarjetas del monitor de soldadura

### 2.1.8.7 Sensor de Blanqueo y el Reductor de Corriente de soldadura

El sensor de blanqueo es una variable que determina que parte del envase está siendo soldado y que parte no, para saber que parte del envase se está monitoreando. En la figura 2.35 se muestra la señal que se midió con el osciloscopio al sensor del monitor en la cual se mantiene en 10V sino está siendo soldado el envase y en 0V si está siendo soldado. En la comparación entre los dos lapsos el rango de soldadura es mucho mayor que el rango de no- soldadura. En la figura 2.36 se muestra la conexión del sensor con las tarjetas del monitor. Principalmente la conexión es con el Slot 6 que es la tarjeta que contiene la información de que parte del envase se solda y en que momento está pasando el envase por la zona de soldadura. Con esta información, el monitor determina en una eventual elevación de voltaje, una reducción en la corriente para no afectar las roldanas.



**Figura 2.35** Señal del sensor de fase con 10V/div y 500us/div

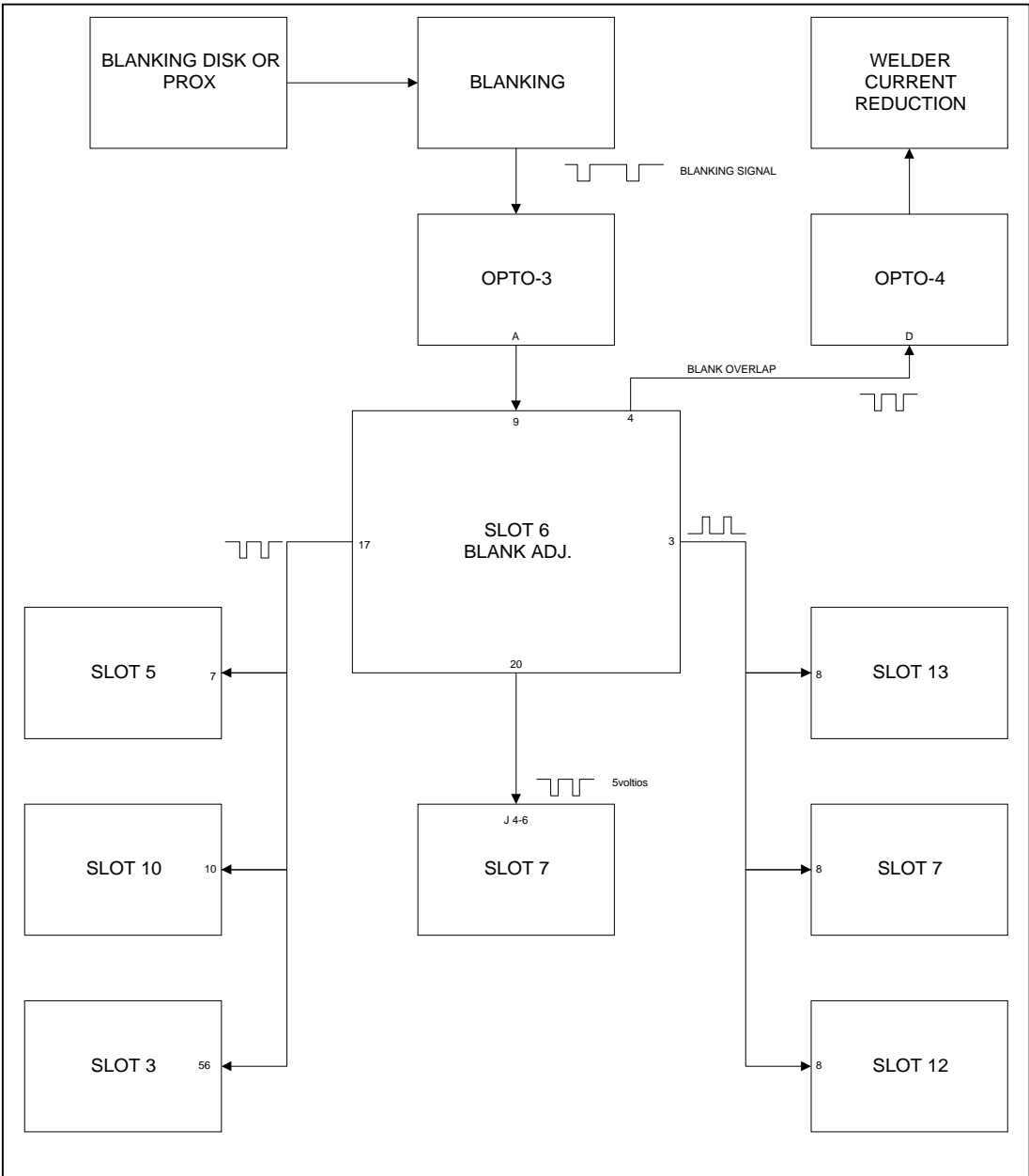


Figura 2.36 Diagrama de conexión del sensor de fase con las tarjetas del monitor de soldadura



## **2.3 Solución propuesta**

Debido a que el origen del problema procede de diversas fuentes generadas en otros módulos de la planta y que la probabilidad de que se dé es baja, la solución del problema va orientada a identificar el envase que presente el error y en determinada posición de la máquina poder desecharlo. Si bien es cierto, no resuelve el problema desde su origen, cumple con el objetivo de que el cliente reciba un producto de mayor calidad. En el caso de atacarlo de la otra manera, implicaría involucrarse en procesos que ya han sido altamente verificados con el uso de la tecnología.

Lo primero que se debe hacer es analizar el monitor existente en la otra máquina y conocer las diferencias con respecto a la máquina que se requiere observar. Se debe dar un tiempo adecuado para estudiar el monitor con mucho detenimiento, ya que se va a tomar como base para realizar el proyecto.

De la misma manera que el monitor, se debe medir la aceleración de la roldana superior de soldadura, ya que nos va a permitir correlacionarla con el desplazamiento de roldana en la costura de la soldadura. La medición va estar a cargo de un sensor denominado acelerómetro, el cuál va a generar una señal variante a través del largo de la costura. Esta señal debe ser procesada para determinar si un envase sobrepasa los límites establecidos y poder generar otra señal de reconocimiento del envase defectuoso. Para poder establecer las características del sensor, se deben hacer mediciones eléctricas al acelerómetro del monitor y determinar ciertos parámetros como la sensibilidad, el rango, el voltaje de salida, superficie de montura, etc.

También la corriente de operación debe de tomarse en cuenta para establecimiento de envases defectuosos, ya que si hay un cambio brusco en ella, se va a generar un error. El monitor utiliza un sensor de Hall que es montado en el secundario del transformador de la máquina y determina la corriente que pasa por la soldadura. La medición de la corriente debe de procesarse al igual que la aceleración, ya que permite determinar si existe un error.

El monitor utiliza un medidor de corriente o amperímetro para visualización y una pantalla para desplegar el desplazamiento de la superficie de la roldana. Para efecto del proyecto se va a trabajar con un módulo de visualización generalizado que va a contener todas las variables necesarias. Este módulo va a generar un despliegue gráfico del desplazamiento de la roldana, para que el operador se esté dando cuenta de lo que sucede con varios envases simultáneamente.

Cuando un envase está siendo soldado, se debe identificar si está defectuoso. Para poder realizarlo, se analizan las variables antes mencionadas, y se marca el número de envase con un contador en el área de soldadura. Cuando va llegando al área de desecho, se tiene otro contador que se compara con el primero, y cuando la cuenta sea igual, significa que se tiene el envase defectuoso y se debe proceder a desecharlo con una explosión de aire. Para poder identificar los envases, se va a utilizar un sensor de proximidad de metal que va a generar una señal eléctrica que tiene que ser procesada. El monitor tiene un sensor de proximidad, al cual se le deben hacer mediciones.

Otras características que deben ser tomadas en cuenta son el tiempo, velocidad de soldadura y distancia de la costura del metal. Con esto se puede determinar del principio y el final de las mediciones, además se determina el tiempo de muestreo con que las señales deben medirse. Para esto se debe de utilizar las señales del sensor de proximidad en el área de soldadura para determinar el tiempo que el envase tarda para ser soldado. La distancia de la costura del envase debe de ser ingresado por el operador en el sistema de visualización cada vez que se cambia el tipo del envase.

Otras variables que deben determinar son los límites inferior y superior del desplazamiento de la roldana. Estos límites se van a fijar con potenciómetros que se tienen para la manipulación del operador. Con estos límites se va a determinar si el envase está defectuoso.

Las variables de salida se orientan a dos eventos básicamente. Uno es el proceso de desecho del envase, para el cuál se debe generar una señal de identificación para

poder ejecutarlo en el tiempo adecuado. El otro es la visualización del proceso que se debe desarrollar con el objetivo de que el operador se ubique de una forma más adecuada y pueda tomar decisiones con mayor propiedad. Esto requiere de un despliegue del desplazamiento de la superficie del envase que está siendo soldado; y de casos anteriores y posteriores de manera simultánea, debido a la velocidad de soldado, requiriendo de memoria para poder hacerlo. Además es importante que operador tenga en cuenta el número de envases procesados y desechados, la corriente de operación y los límites establecidos.

Todas estas variables de entrada y salida deben de conectarse a un módulo de procesamiento de datos programado. Se requieren de al menos de 10 entradas y salidas de datos analógicas y digitales, dependiendo del desarrollo del proyecto. En un principio se podría pensar en la utilización de un PLC pequeño para el procesamiento de datos, ya que su versatilidad permite trabajar de una manera rápida y concisa en la programación de las funciones lógicas y temporizadas del proyecto. Además existe la posibilidad de conectarlo a un panel de visualización compatible con el PLC que puede generar el trazo de la variable de desplazamiento de la roldana superior y la manipulación de los parámetros de funcionamiento; o conectarlo a una computadora personal para darle el debido procesamiento de datos. Por el momento se va a llamar módulo de procesamiento de datos y conforme se desarrolle el proyecto, se va a determinar el dispositivo a utilizar.

Otro módulo del sistema es el de desecho, que utiliza una señal del módulo de procesamiento de datos para generar una expulsión del envase defectuoso. Se necesita un diseño mecánico compuesto por una válvula de presión que por determinado tiempo genere esa expulsión de aire que permita que el envase se desprenda de la banda de transporte. Se tiene que agregar el sensor de proximidad que se habló anteriormente y que sirve para identificar el envase.

En la figura 2.37 se presenta un diagrama de bloque de la solución proyectada donde se presenta como primer nivel las variables de entrada que son tres sensores y dos definidas por el operador de la máquina. Como segundo nivel se tiene el

módulo procesamiento de las señales. Y el tercer nivel son las variables de salida que se dividen en dos módulos: el desecho del envase y el visualizador de las variables en interés.

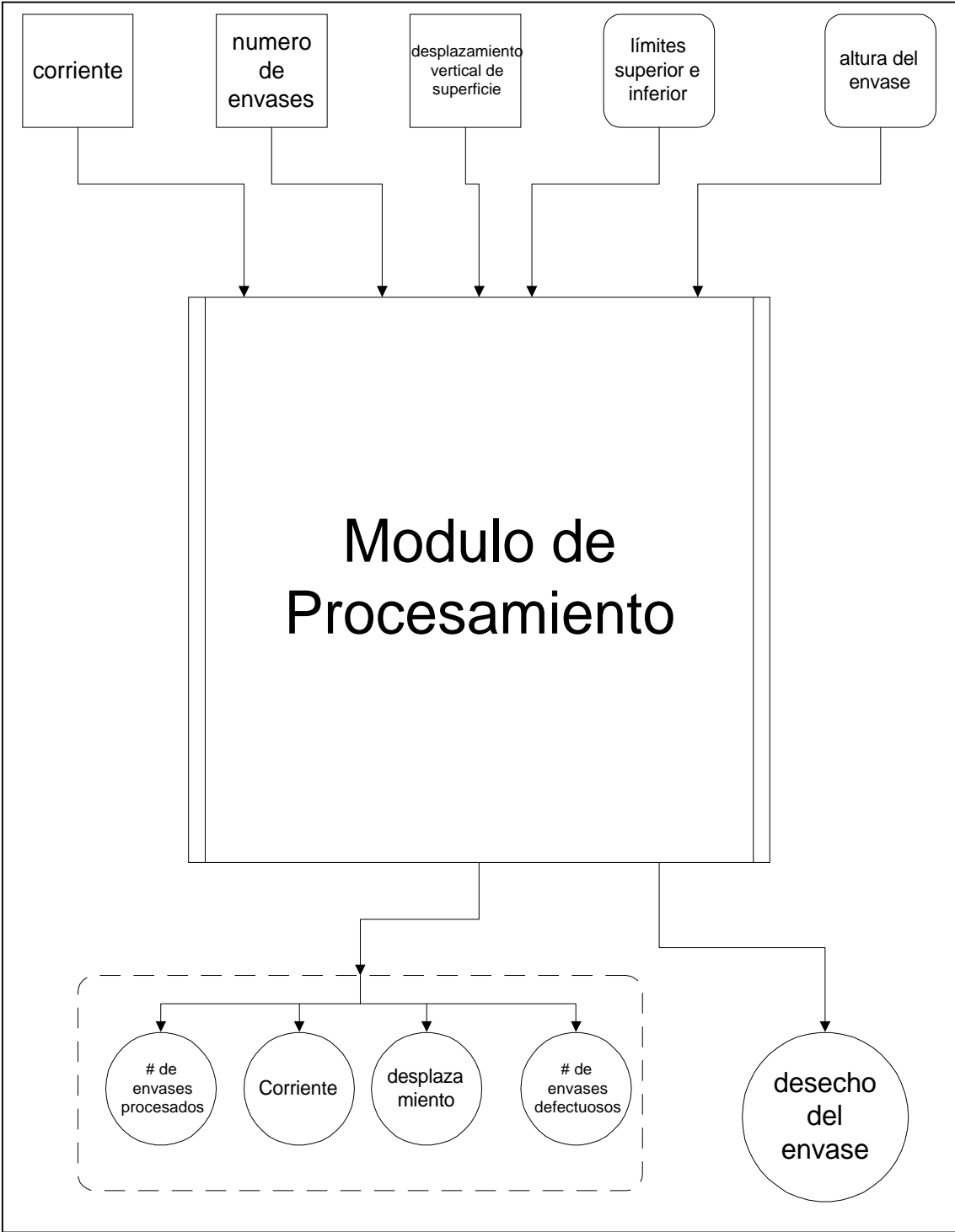


Figura 2.37 Diagrama de bloque de la solución proyectada

## CAPITULO 3

### PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

---

1. Se analizará punto por punto cada detalle del funcionamiento del monitor, comprendiendo el porqué del procedimiento del ajuste de los sensores. Es importante conocer también la secuencia de programación del monitor para entender su esquema lógico. Además, los mecanismos de detección de fallas que es el punto central del proyecto, el cual va a permitir al operador tener el criterio para tomar decisiones. Todo esto se va a realizar el fin de comparar el desempeño de la máquina donde el monitor está instalado y la máquina donde se va a desarrollar el proyecto. Esto se realizará en 3 semanas. Con respecto al objetivo 1, se hizo una revisión general del monitor para observar detalladamente su funcionamiento. Posteriormente se hizo una traducción del manual del monitor con el fin de no perderse ningún detalle de cada ajuste en que se hace en las tarjetas del panel del monitor, además de conocer las definiciones de cada variable utilizada. Con esta información se procedió a verificar propiamente en el monitor el ajuste electrónico de las tarjetas para diferentes puntos de producción. El objetivo se cumplió en su totalidad.
2. El fin de este objetivo es descifrar la relación que tiene la aceleración con el desplazamiento de la costura del envase y que tan preciso hace esta medición el acelerómetro. También se quiere hacer unas mediciones eléctricas al sensor instalado en el monitor, con el fin de tener un parámetro de comparación con otros sensores. Se desarrollará en un plazo de 3 semanas. En el objetivo 2 se investigó teóricamente el funcionamiento de un acelerómetro y se realizaron mediciones a la salida del acelerómetro que está ubicado en el monitor. Se tuvo un impedimento con el cumplimiento de la totalidad del objetivo, ya que se complicó la determinación de la sensibilidad y ancho de banda del sensor. Se

solicitó literatura para poder definir con mayor claridad esto, además se están haciendo consultas a los ingenieros del proveedor del producto.

3. Se investigará la relación de la corriente con la calidad de la costura, observándose parámetros como la variación de la amplitud y la frecuencia; y analizando los resultados que estas variaciones generan. Se quiere también determinar el tipo de sensor que se está utilizando en el monitor y hacer mediciones a las señales de salida. También se investigará la relación que tiene la frecuencia de la corriente con la velocidad de soldadura de los envases. Esto se desarrollará en un plazo de 3 semanas. Se determinó la relación que tiene la amplitud y la frecuencia de la corriente de soldadura con la calidad de la costura. De hecho es por este motivo que tenemos una variación en las dos, y son señales que hay que modificar para determinado producto. Se realizaron mediciones a dos sensores: sensor de corriente y sensor de fase de la corriente de monitor cumpliendo así con el objetivo planteado.
4. Se va a establecer el momento que detecte la presencia del envase y que repercusiones traen el mantener esta señal hasta que se termine el proceso de soldadura. Se analizará el procesamiento que esta señal tiene en el monitor existente con el fin de determinar si tiene algún control en el proceso y si esto influye en identificar el envase defectuoso. Se harán mediciones al sensor de proximidad del existente con el fin de comparar con otros sensores. Se desarrollará en un plazo de 2 semanas. En el objetivo 4 se determinó con mucha claridad la función del sensor de proximidad y su respectivo ajuste ya que se hicieron mediciones al sensor, el cual genera una activación de la señal dependiendo del tiempo con que el cuerpo del envase se encuentre enfrente del sensor. El procesamiento de esta señal tiene que ver con tiempos de despliegue de datos de las variables utilizadas, además de la identificación del número de envases y de envases defectuosos.
5. Se investigará el tiempo y la anticipación con que el sistema de desecho del envase debe trabajar para que se produzca un desecho efectivo donde se mide el

tiempo que debe permanecer abierta la válvula y la fuerza con que debe ser expulsada. También se investigará el sistema de identificación del envase en el sistema de desecho del monitor existente. Se desarrollará en un tiempo de 2 semanas. Para cumplir con este objetivo se hicieron mediciones al detector de la estación de expulsión, donde se determina el movimiento del envase antes de ser expulsado. Además se analizó el procedimiento de ajuste del tiempo de expulsión del envase en el monitor, cumpliendo así con el objetivo propuesto.

6. El objetivo es determinar las velocidades que se utilizan en la máquina y analizar la influencia que tiene el proceso de identificación del envase defectuoso. Además, estudiar la manera en que el monitor determina esa velocidad en la máquina que se está trabajando. Se desarrollará en un plazo de 2 semanas. Para el cumplimiento de este objetivo se requirió un análisis de señales del monitor y se llegó a la conclusión de que el monitor no trabaja con velocidades para identificación del envase defectuoso. Utilizando los dos sensores de proximidad en la zona de roldanas y en la zona de desecho y también con la determinación del tiempo de desecho se determina el envase defectuoso y el tiempo de encendido de la válvula. Para efecto de la velocidad de soldadura de la máquina, tiene que ver con la frecuencia de la señal de corriente, por lo tanto se analizará en esa parte. Se cumplió con el objetivo satisfactoriamente.
7. Se requiere determinar cuál es la influencia que tiene la variable alimentación proveniente de la máquina de soldadura y que controla la señal de FEED ON (alimentación encendida) en el monitor de soldadura. Se estudiará cuál es el procedimiento de medición de esta variable y que características de la máquina originan el desempeño de la misma. También se van a realizar mediciones eléctricas a la señal y se documentará toda la información. Se desarrollará en un plazo de 2 semanas. Con respecto a este objetivo se hicieron las mediciones a la señal de FEED ON proveniente de la máquina de soldadura y se analizó detalladamente la influencia que tiene en el proceso de monitoreo. Se cumplió con el objetivo satisfactoriamente.



8. Se requiere determinar que características tiene el sensor de fase ubicado en la máquina de soldadura y que es utilizado por el monitor para determinar la frecuencia de soldadura de los envases. Se quiere también investigar que influencia tiene esta señal en el funcionamiento del monitor y se realizarán mediciones eléctricas al sensor. Se desarrollará en un plazo de 2 semanas. En este objetivo se hicieron las mediciones respectivas el caso y su posterior análisis para la utilización de la señal en el proyecto.
9. Se investigará el procedimiento de medición de la señal de blanqueo realizado por el disco de blanqueo en la máquina de soldadura y que genera la señal de blanqueo en el monitor de soldadura. Se realizarán mediciones eléctricas a la señal y se investigará la influencia que tiene esta señal en el procedimiento de monitoreo. Se realizará en un plazo de dos semanas. Con respecto a este punto se trabajó con la medición de la señal en el monitor y se logró determinar el funcionamiento de la señal en dicho aparato.
10. Se requiere determinar la influencia de la señal proveniente del monitor de soldadura y que genera una señal de solapado del blanco que determina la reducción de la corriente de soldadura en la máquina de soldadura. Se realizarán mediciones eléctricas a esta señal. Se desarrollará en un plazo de dos semanas. Por razones de no involucrarse en el proceso internos de la máquina, se determinó que este objetivo pasa a un segundo plano en el desarrollo del proyecto, ya que en una eventual implementación se tomaría la decisión de incluirse o no.
11. Se va a desarrollar una búsqueda de información de los sensores por medio de Internet y de proveedores nacionales con el fin de utilizar la información que se tiene de las señales y poder determinar cuales de los sensores se pueden usar para la medición de las variables del sistema. Esto se va a desarrollar en un plazo de 2 semanas. La búsqueda fue con gran detalle en todo el transcurso del proyecto, llegando a la conclusión de una necesidad de adquirir temporalmente equipo de medición de los parámetros de los sensores de corriente y de forjado.

12. Se va a determinar el módulo de procesamiento de las señales de entrada y salida del sistema. Se va a diseñar la programación del dispositivo a utilizar haciendo el diagrama lógico del sistema, generando el código fuente de programación y programado un dispositivo que se tenga para uso generalizado. Se va a hacer una sección de pruebas al dispositivo con señales de laboratorio. El tiempo de duración es de 4 semanas. Se diseñó un módulo de procesamiento utilizando un PLC y circuitería externa adicional debido a la limitante de que no se poseía de entradas analógicas al módulo y se requirió de un comparador analógico.
13. Se va a diseñar un sistema de desecho del envase de metal, tomando en cuenta todas las variables anteriormente analizadas y recomendando el sistema de identificación del envase que antes se desarrolló. Tiene una duración de 2 semanas. Se utilizó una electro válvula que ya tenía la máquina para cumplir con este objetivo, haciendo las modificaciones del caso. Se realizaron pruebas de temporización con éxito del escape del aire que desechaba el envase.
14. Durante el desarrollo del proyecto se va a documentar todos los avances y especificaciones, hojas de datos, mediciones y recomendaciones con el fin de generar un documento que contenga todos los detalles del proyecto y se pueda formar un criterio para la implementación del sistema de la máquina estudiada. Tiene una duración de 2 semanas. La documentación jugó un papel muy importante, ya que el estudio y análisis de el monitor existente se realizó con gran detalle y la implementación del proyecto requiere de recursos económicos importantes, por cuanto se documentó con gran detenimiento.

## CAPITULO 4

### DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO

---

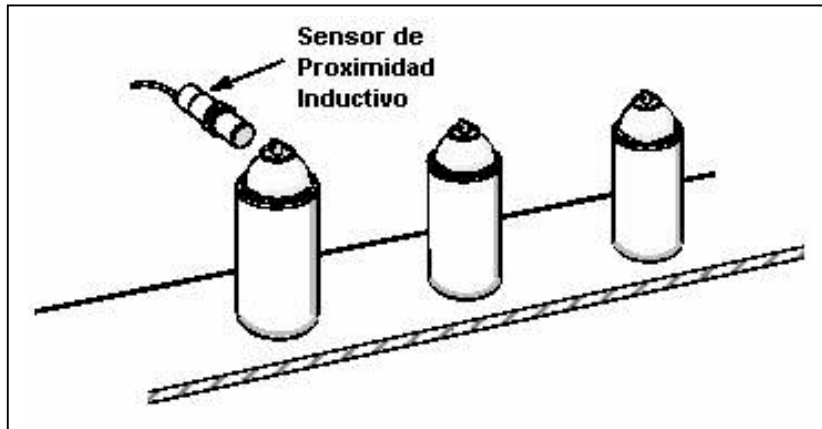
#### 4.1 Sensores

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron varios sensores electrónicos para la medición de las variables involucradas.

##### 4.1.1 Sensores de proximidad

##### Sensor de Proximidad del Área de Soldadura

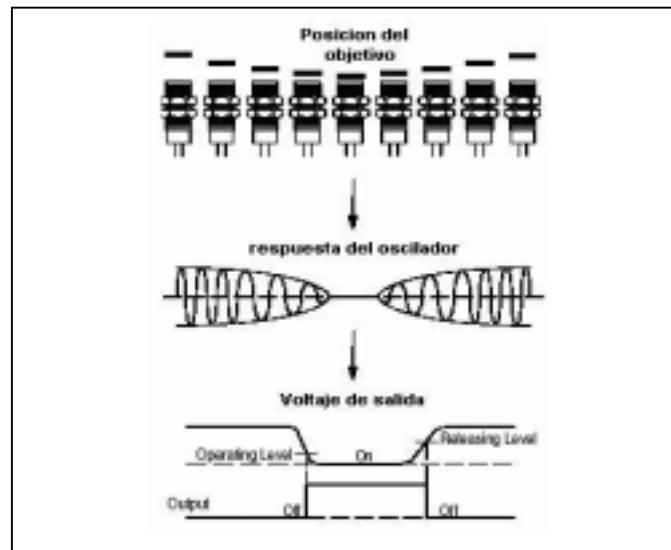
El sensor de proximidad del área de soldadura es un sensor que activa una señal cuando tiene en el frente un envase de metal en una distancia prudente y la desactiva cuando no lo tiene enfrente. La figura 4.1 muestra el proceso de sensado a nivel general.



**Figura 4.1** Ubicación del sensor de proximidad en un proceso general con envases de metal

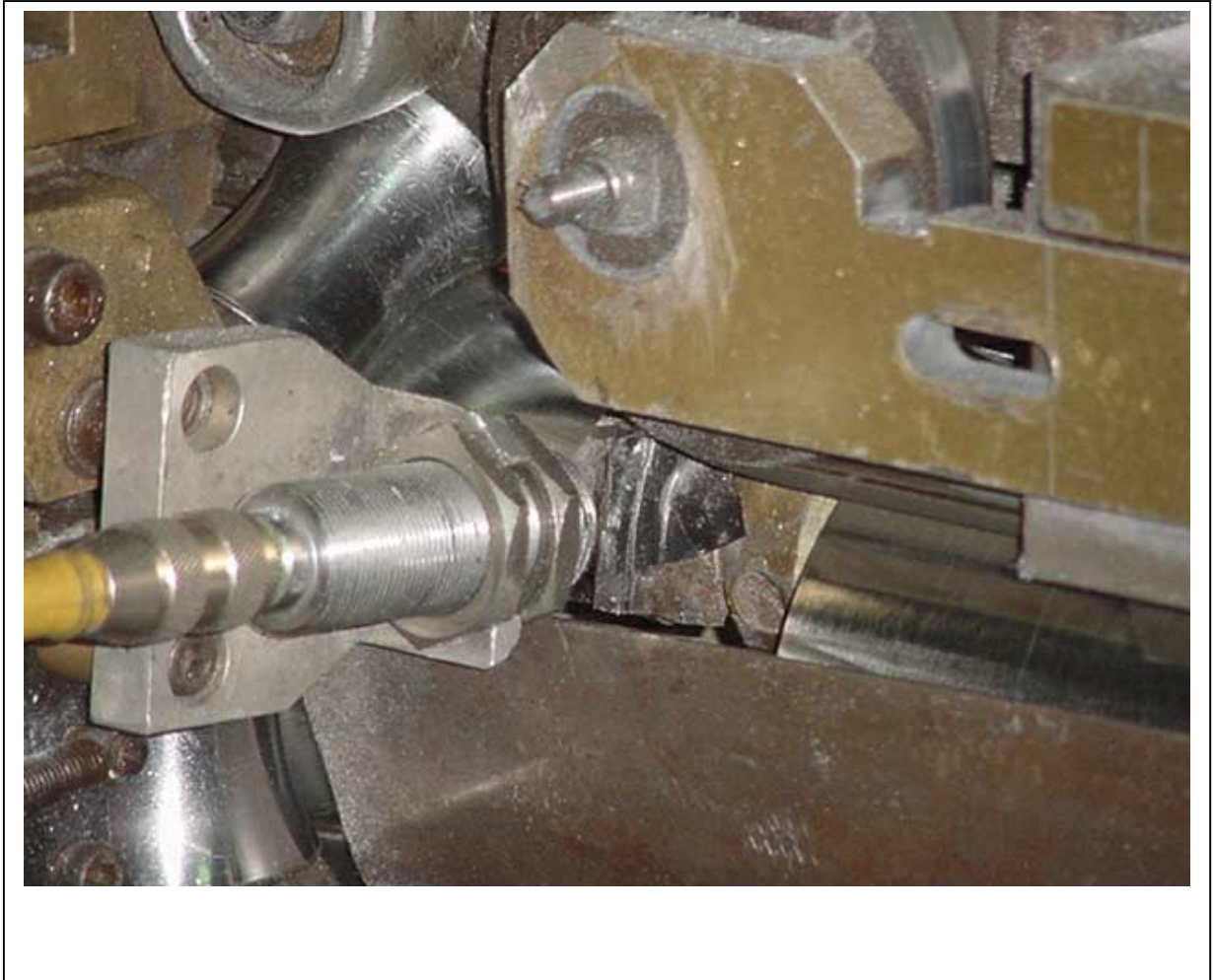
Esta distancia está determinada por el tipo de sensor y dependiendo de esta, se obtendrá la activación de la salida del sensor así como se muestra en la figura 4.2.

El sensor de proximidad del área de soldadura adicionalmente tiene que aislar el campo magnético que produce la corriente de soldadura y que es muy fuerte ya que la corriente que pasa por las roldanas es de 3000 A - 6000 A.



**Figura 4. 2** Respuesta del sensor de proximidad con respecto a la posición del envase

En la figura 4.3 se muestra la ubicación del sensor de proximidad en la máquina de soldadura de envases de metal, donde se muestra la distancia que tiene el sensor con los envases.



**Figura 4.3** Ubicación del sensor de proximidad en el área de soldadura de la máquina de envases de metal.

### **Sensor de Proximidad del Área de Desecho**

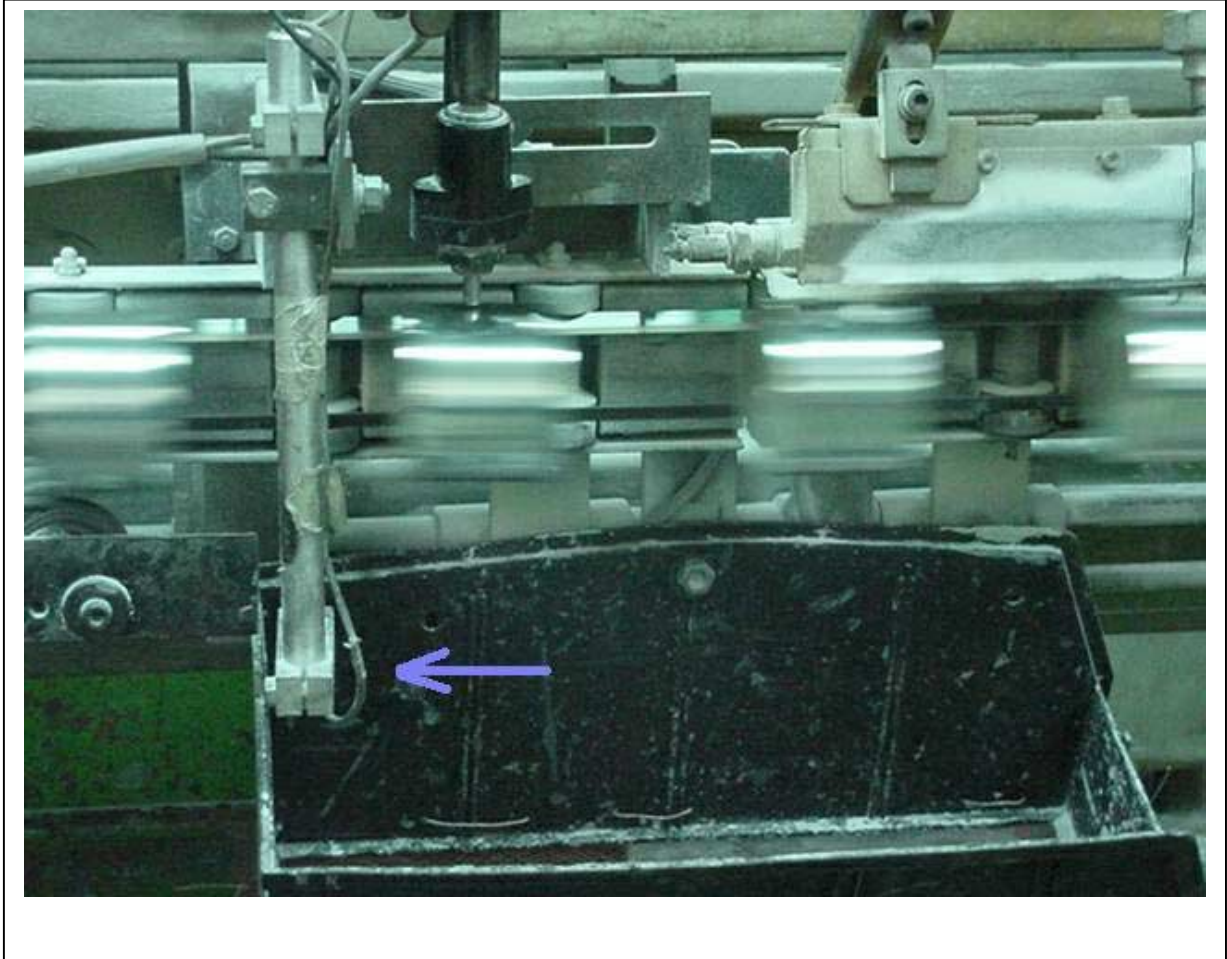
El sensor del área de desecho es un sensor de proximidad inductivo que, al igual que el del área de soldadura, activa una señal cuando el envase de metal se acerca o se ubica en el frente del sensor en un rango de proximidad.

En la figura 4.4 se muestra un sensor específico de proximidad Allen-Bradley que utiliza el sistema de cableado para su conexión.



**Figura 4.4** Sensor de proximidad inductivo cableado

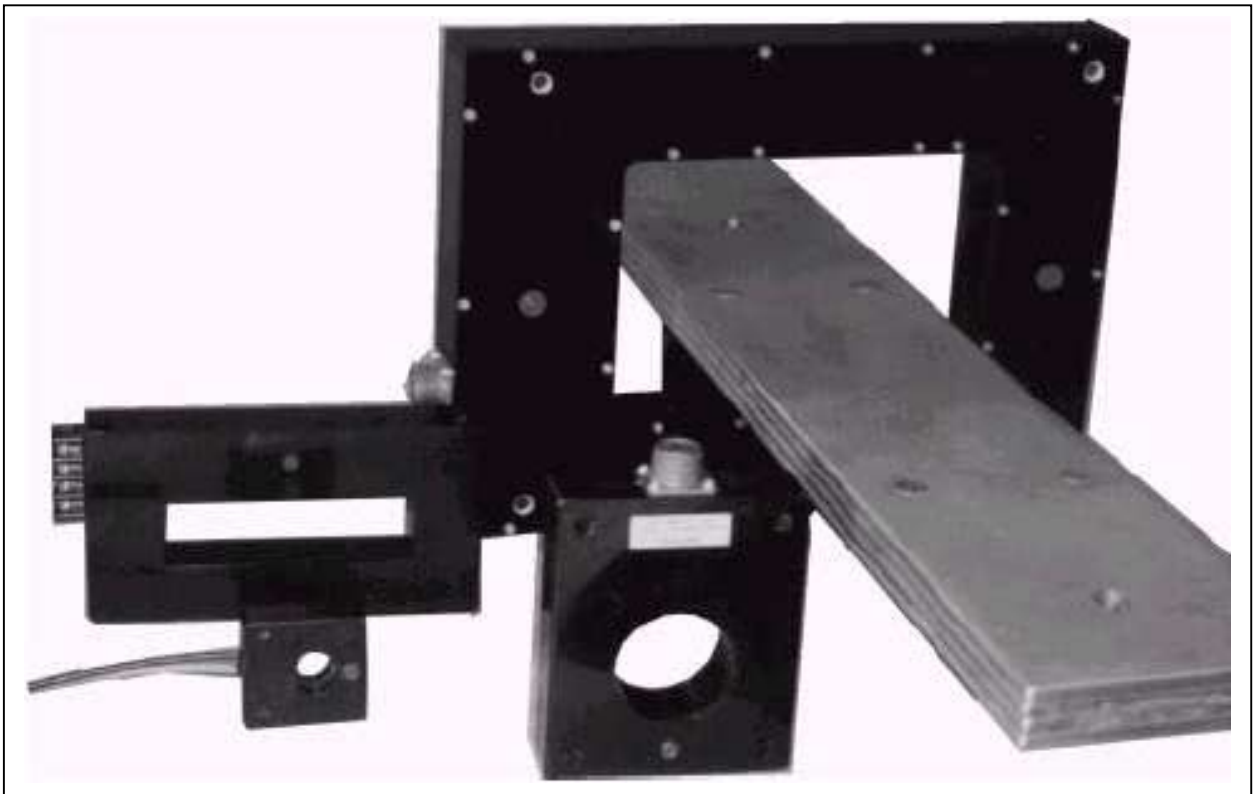
En la figura 4.5 se muestra el sensor del área de soldadura en el monitor existente compuesto por dos optosensores de transmisión y recepción.



**Figura 4.5** Sensor óptico de proximidad en conjunto con el sistema de desecho.

## 4.2 Sensor de Corriente

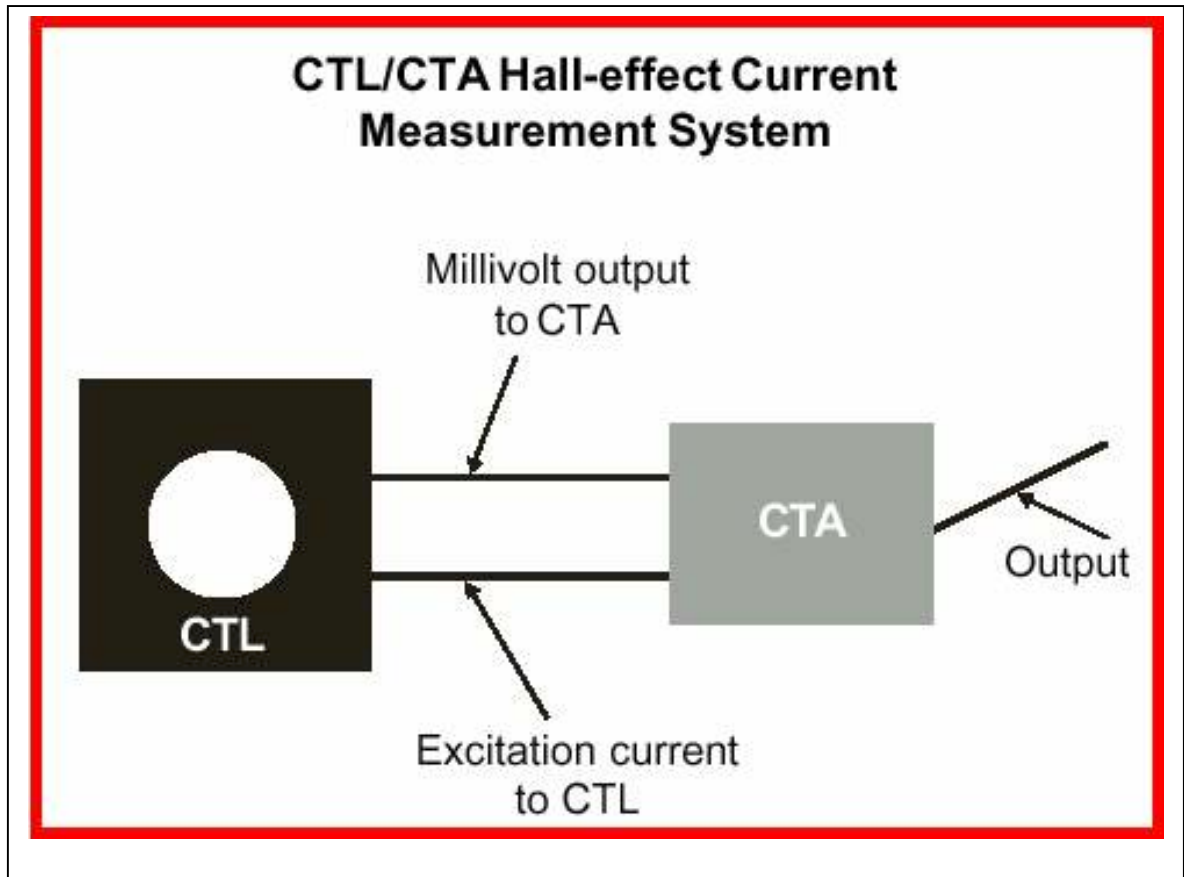
El sensor de corriente tiene características muy particulares debido a la gran corriente de soldadura que tiene que medir. La corriente que pasa por las roldanas está aproximadamente en un rango de 3000 a 6000 amperios. En la figura 4.6 se ejemplifica la utilización del sensor de corriente pasando por una sección de metal.



**Figura 4.6** Sensor de corriente utilizado en una sección de metal que contiene una gran corriente.

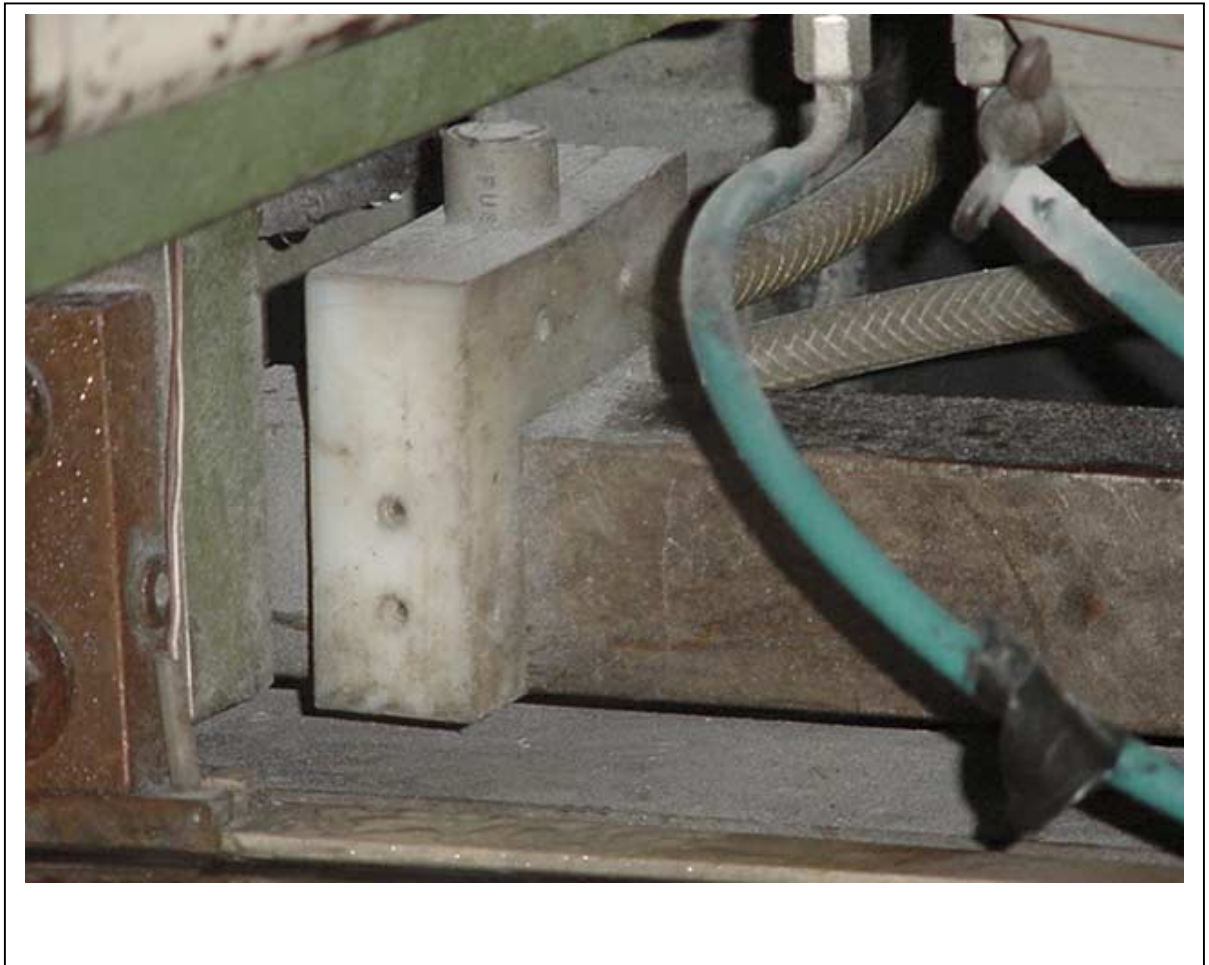
Para poder utilizar la salida del sensor de corriente, es necesario utilizar un dispositivo denominado CTA que convierte la salida de 57 mV a una salida deseable de 0 a 5V ó de 0 a 10V. En la figura 4.7 se muestra este dispositivo y su respectiva conexión con el sensor de Hall.





**Figura 4.7** Conexión del condicionador de señal con su respectivo sensor de may

En la figura 4.8 se muestra el sensor de corriente (Hall) que se utiliza en el monitor existente de la máquina de soldadura de envases de metal.



**Figura 4.8** Sensor de Hall del monitor de la máquina de soldadura de envases de metal.

### 4.3 Sensor de forjado o acelerómetro

El acelerómetro es un dispositivo que mide la aceleración de un objeto que tiene un desplazamiento en cualquier dirección. En el caso del monitor de soldadura, se utilizó un sensor posicionado sobre el resorte de la roldana como se muestra en la figura 4.9.



**Figura 4.9** Acelerómetro utilizado en el monitor de soldadura.

#### 4.3.1 Diseño físico

##### Selección Material

Los acelerómetros son dispositivos piezoeléctricos, es decir, el elemento de detección primario es un elemento piezoeléctrico construido de una manera tal que cuando sea tensionada por las fuerzas vibratorias, una señal eléctrica proporcional

esté producida. Algunos materiales se encuentran para ser naturalmente piezoeléctricos. El cuarzo es un material natural usado comúnmente en acelerómetros y exhibe estabilidad a largo plazo incomparable. Los materiales de cerámica polycristalina se pueden hacer para exhibir características piezoeléctricas. El titanato de zirconato del plomo (PZT) es un material común usado en acelerómetros después de que "se hayan polarizado." La interrogación PZT sujeta el de cerámica a los voltajes de C.C. muy altos en las altas temperaturas en una tentativa de alinear los dominios a lo largo del eje de la interrogación. PZT demuestra un decaimiento natural en salida en un cierto plazo y requerirá la recalibración frecuente. Los esfuerzos especiales en envejecer las unidades artificiales, reducen esta condición. Los altos niveles del choque o las instalaciones de alta temperatura pueden también causar cambios en la salida de sensores basados PZT.

En general el cuarzo y PZT ambos se utilizan en la fabricación de acelerómetros. Cada material tiene ciertas ventajas y desventajas. Según lo indicado anterior, el cuarzo exhibe estabilidad de temperatura superior y no tiene ningún efecto del envejecimiento y es por lo tanto en un cierto plazo extremadamente estable. Los sensores del cuarzo ofrecen sensibilidades de alto voltaje y requieren los amplificadores del voltaje condicionar la señal. Los amplificadores del voltaje, con los resistores valorados grandes, son normalmente intrínsecamente más ruidosos y limitan la señal mensurable mínima pero permiten niveles muy altos de la vibración para ser supervisados. Los sensores basados PZT proporcionan una alta carga hecha salir y una alta capacitancia. Se utilizan amplificadores microelectrónicos "más reservados" de la carga, así permitiendo que las vibraciones del nivel bajo sean medidas.

La otra selección material que se considerará en diseño del acelerómetro incluye el material del caso, la opción del conector y el método de lacre. Los acelerómetros industriales se requieren para funcionar en condiciones ambientales muy adversas. Los productos químicos ásperos están a menudo presentes sujetando el sensor al corrosivo y a las condiciones en última instancia perjudiciales. Las cajas anticorrosivas del acero inoxidable 316L se requieren en ambientes industriales

ásperos para asegurar supervivencia del sensor. el acero inoxidable 316L también se utiliza para sus características no magnéticas que es importante alrededor de los motores grandes. Las cajas de aluminio anodizadas no estarán paradas hasta condiciones extremas. Algunos sensores más nuevos están emergiendo que son compuestos en caso de que diseño. Algunos materiales compuestos exhiben resistencia a la corrosión similar como acero inoxidable. Los conectadores deben también ser igualmente rugosos. Los conectadores del acero inoxidable con los sellos herméticos también se requieren en ambientes ásperos. Los conectadores de Nonhermetic tales como BNC, aunque conveniente, no sobrevivirán las condiciones industriales. Los conectadores de BNC también tienden para usar hacia fuera con uso repetido y bajo vibraciones ásperas. Los contaminantes pueden entrar en el sensor a través de los sellos y dañar permanentemente el sensor. Los conectadores herméticos y el laser o las autógenas herméticas del haz electrónico aseguran que el sensor está sellado de contaminantes exteriores.

#### **4.3.2 Criterios de selección**

Al seleccionar los acelerómetros, los especialistas de la vibración deben considerar dos áreas principales: gama de la amplitud, gama de frecuencia.

##### **Gama De la Amplitud**

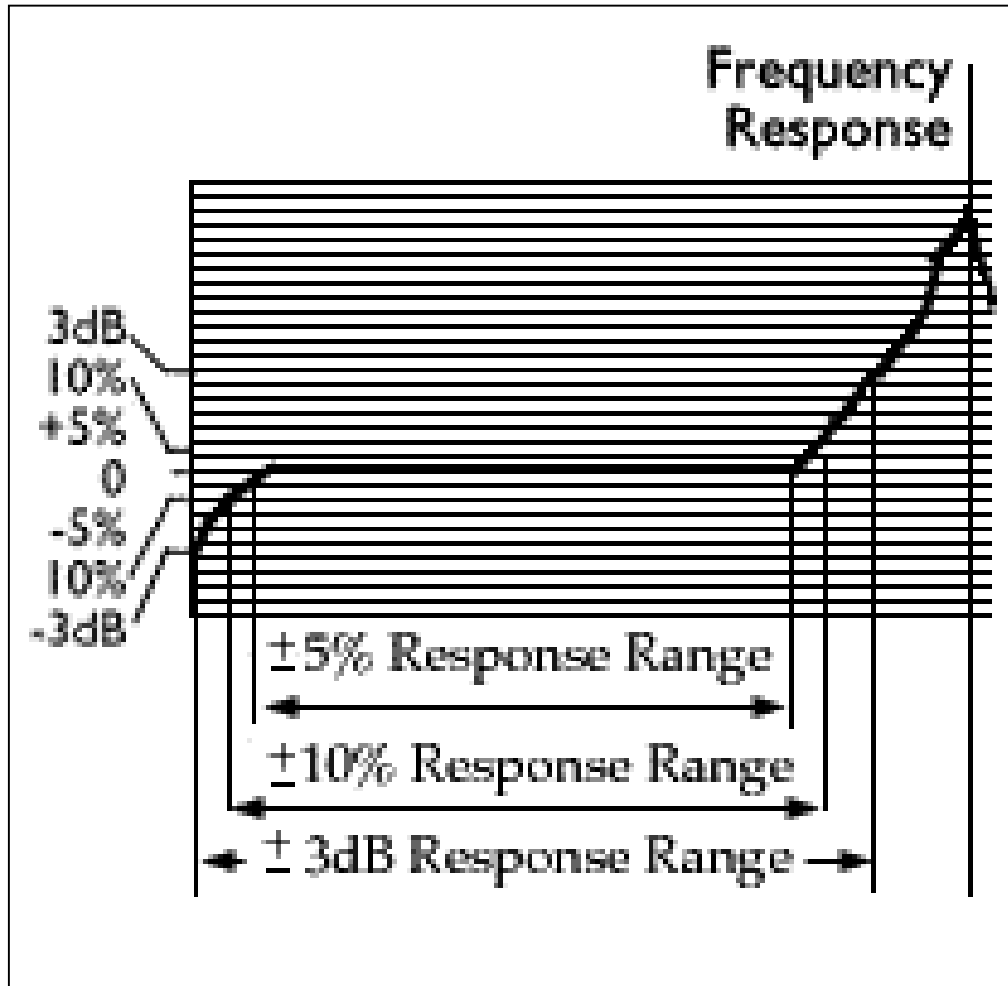
Los sensores de ICP® se accionan con una fuente constante de C.C. de corriente. El voltaje de fuente se regula entre 18 y 28 voltios de C.C. y es limitado actualmente, vía un diodo actual constante, entre 2 y 20 mA. La salida de la señal de los sensores de ICP® es una señal predispuesta C.C. de CA. La señal CA de vibración es típicamente 100 mV/g, y se sobrepone en el diagonal de la C.C.. Esta diagonal de la C.C. es bloqueada normalmente por un condensador del desemparejamiento así que el equipo del read-out puede ser CA juntada. Si un nivel diagonal normal de 12 VDC se utiliza con una fuente de potencia C.C. de 18 voltios y la señal del acelerómetro es 100 mV/g, la señal mensurable máxima sería 50 g's o 5VAC. Este nivel máximo puede ser aumentado aumentando el nivel de voltaje de la fuente o disminuyendo la

sensibilidad del acelerómetro. Usando un acelerómetro de 10 mV/g con la misma salida máxima 5VAC, el límite de la vibración aumenta a 500 g's.

Los otros criterios para considerar cuando el repaso de la gama de la amplitud es el nivel mensurable más bajo de la vibración. Esto se especifica como el piso, el ruido o la resolución del sensor. La resolución del sensor es determinada por dos factores: ruido eléctrico del amplificador interno y del aumento mecánico del sistema de masa piezoeléctrica. Cuanto más grande es la masa sísmica, más grande es la salida del sensor antes de la amplificación. Este alto aumento mecánico mejora medidas del nivel bajo produciendo señales eléctricas substanciales sin el uso del aumento de amplificador. Los elementos de detección de cerámica proporcionan típicamente mayores cocientes de la señal/interferencia, permitiendo que los niveles pequeños de la vibración sean medidos sin el ruido eléctrico que interfiere con análisis.

### **Respuesta de Frecuencia**

La respuesta de frecuencia de un acelerómetro internamente amplificado de ICP® se describe como el excedente de la gama de frecuencia que el sensor proporcionará una respuesta lineal. El extremo superior de la respuesta de frecuencia es gobernado por la tiesura mecánica y el tamaño de la masa sísmica en el elemento de detección mientras que la gama de la frecuencia baja es controlada por el amplificador rueda - apagado y la constante del tiempo de descarga. La figura 4.10 demuestra una respuesta de frecuencia típica.



**Figura 4.10** Respuesta de frecuencia típica del acelerómetro

La respuesta de frecuencia del extremo superior es determinada por el fórmula  $w=k/m$ , donde está la frecuencia  $W$  resonante ( $2\pi f$ ),  $k$  es la ticsura de la estructura de detección, y  $m$  refiere al tamaño de la masa sísmica. Con una ticsura dada un sensor con una masa sísmica grande tendrá una resonancia baja. Una masa sísmica grande también producirá un aumento y de tal modo un resultado mecánicos más altos en un acelerómetro más bajo del ruido con mayor sensibilidad. Una masa sísmica más pequeña producirá menos señal pero dará lugar a un sensor con una frecuencia resonante más alta. La señal de salida puede ser baja con una masa sísmica más pequeña pero la gama de frecuencia será el tener en cuenta más amplio para que las medidas sean hechas en una frecuencia más alta.

La tiesura, la segunda variable en el  $w=k/m$ , ecuación es dependiente en la estructura de detección. Los diseños de Flexural tienen típicamente alta salida, resonancia baja y resistencia limitada del choque. Los acelerómetros de la compresión, en virtud del tornillo de la compresión de la carga, exhiben una tiesura más alta que las unidades flexural y por lo tanto tienen una resonancia más alta y una gama de frecuencia más ancha. Según lo indicado anterior, otros factores ambientales tales como tensión baja y los transeúntes termales pueden limitar su uso. Los sensores del modo de esquileo, cuando están asegurados mecánicamente, exhiben una alta tiesura y así una alta resonancia. La insensibilidad a los factores ambientales de la tensión y de las cambios termales pone el diseño del esquileo en la tapa de la lista.



## CAPITULO 5

### DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO

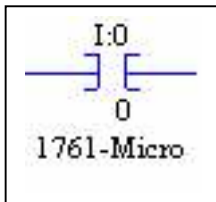
---

#### Descripción del software del sistema

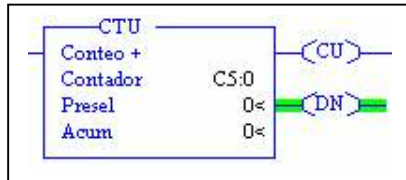
Debido a la utilización de un PLC como módulo de programación, la descripción de software se enfoca al diagrama en escalera del Micrologix 1000.

Como se muestra en el apéndice A.1, el diagrama en escalera tiene las siguientes instrucciones:

#### Reglón 0000:



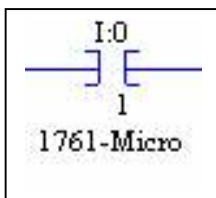
XIC: examina si está cerrada la entrada 0 del PLC que tiene la señal del sensor de proximidad de la zona de soldadura.



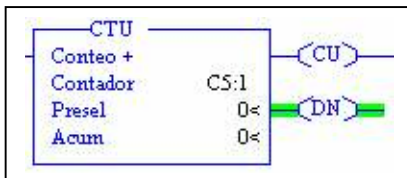
CTU: Contador de transiciones de falsa a verdadera. El contador 0 tiene un valor inicial del acumulador de cero y de preselección de cero.

Cuando se activa la señal proveniente de la entrada 0 que representa el sensor de proximidad de la zona de soldadura, se aumenta la cuenta o la cantidad del acumulador.

#### Reglón 0001



XIC: examina si está cerrada la entrada 1 del PLC que tiene la señal del sensor de proximidad de la zona de desecho.



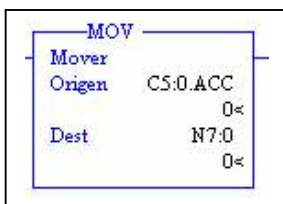
CTU: Contador de transiciones de falsa a verdadera. El contador 1 tiene un valor inicial del acumulador de cero y de preselección de cero.

Cuando se activa la señal proveniente de la entrada 1 que representa el sensor de la zona de desecho, se aumenta la cuenta o la cantidad del acumulador.

### Reglón 0002



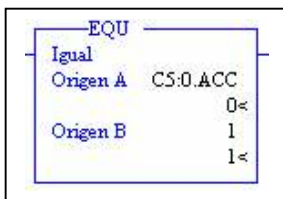
XIC: examina si está cerrada la entrada 2 del PLC que tiene la señal indicadora del error en la costura del envase soldado.



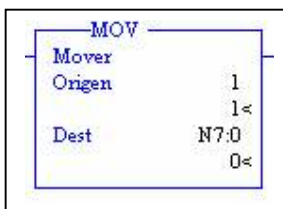
MOV: mueve el origen (acumulador del contador 0) a una variable en memoria (entero de uso general).

Cuando se activa la señal de error se guarda el número del envase que contiene el error que sobrepasó la zona de soldadura.

### Reglón 0003



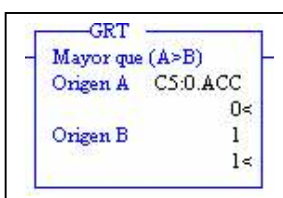
EQU: evalúa si el acumulador del contador 0 es igual a 1.



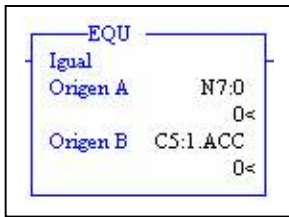
MOV: mueve un 1 a la variable en memoria.

Si el acumulador es igual a 1 se mueve un 1 a la variable entera en memoria N7:0.

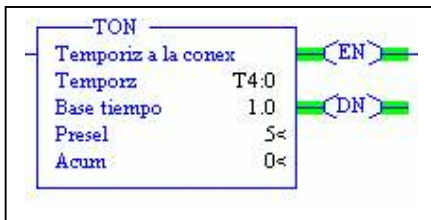
### Reglón 0004



GTR: establece una condición verdadera del reglón si el valor del acumulador es mayor que 1.

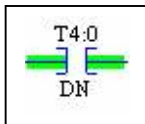


EQU: establece una condición verdadera del reglón si el valor del origen A (N7:0 variable en memoria) es igual a al valor del origen B (C5:1.ACC acumulador del contador 1).

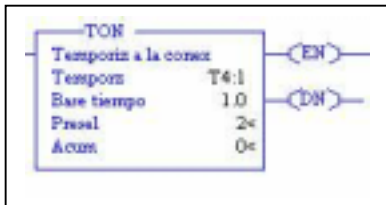


TON: el temporizador 0 establece un tiempo de 5 segundos cuando se dan las condiciones del reglón. El acumulador del contador 0 es mayor a uno y cuando el número de error en la zona de soldadura es igual al número de envases defectivos, o sea, el envase que está malo está pasando en soldadura. En ese momento se espera 5 segundos para que el envase llegue a el momento de ser expulsado.

### Reglón 0005



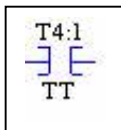
XIC: examina si el bit DN del temporizador 0 está cerrado.



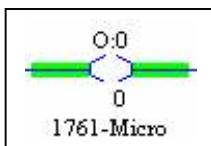
TON: cuando las condiciones del reglón se dan, el temporizador 1 de activa.

Cuando el temporizador 0 termina su tiempo se activa el temporizador 1.

### Reglón 0006



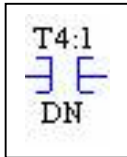
XIC: examina si está activo el bit TT del temporizador 1.



OTE: activa la salida 0 del PLC cuando se dan las condiciones del reglón.

Se activa la salida 0 del PLC el tiempo que el temporizador 1 esté activo.

### Reglón 0007



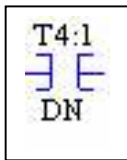
XIC: examina si el bit DN del temporizador 4 está activo.



MOV: mover un 0 al la variable N7:0.

Cuando el envase es desechado se reinicia l variable N7:0.

### Reglón 0007



XIC: examina si el bit DN del temporizador 4 está activo.



RES: reinicia las condiciones del temporizador 0.

Cuando el envase es desechado se reinicia l el temporizador .



## CAPITULO 6

### **ANÁLISIS Y RESULTADOS**

---

#### **6.1 Explicación del diseño**

El diseño consiste en la utilización de dos sistemas independientes de detección de error. A continuación se explican los diagramas de flujo de ambos sistemas.

##### **6.1.1 Diagrama de flujo del procesamiento de la corriente de soldadura de la máquina.**

La corriente proveniente del sensor es analizada y comparada con un parámetro de corriente que determina cuando la corriente excede un límite que determina un error en el proceso. Si existe un error, se procede a identificar el envase malo y si está bueno se pasa al siguiente envase. En el momento que un envase está malo se establece el número de envase en memoria y se incrementa un contador de envases malos. Cuando el número del envase en la zona de soldadura y el número del envase en la zona de expulsión son iguales significa que el envase malo está pasando por esta última zona y se debe desechar. En la figura 6.1 se muestra el diseño del sistema de corriente.



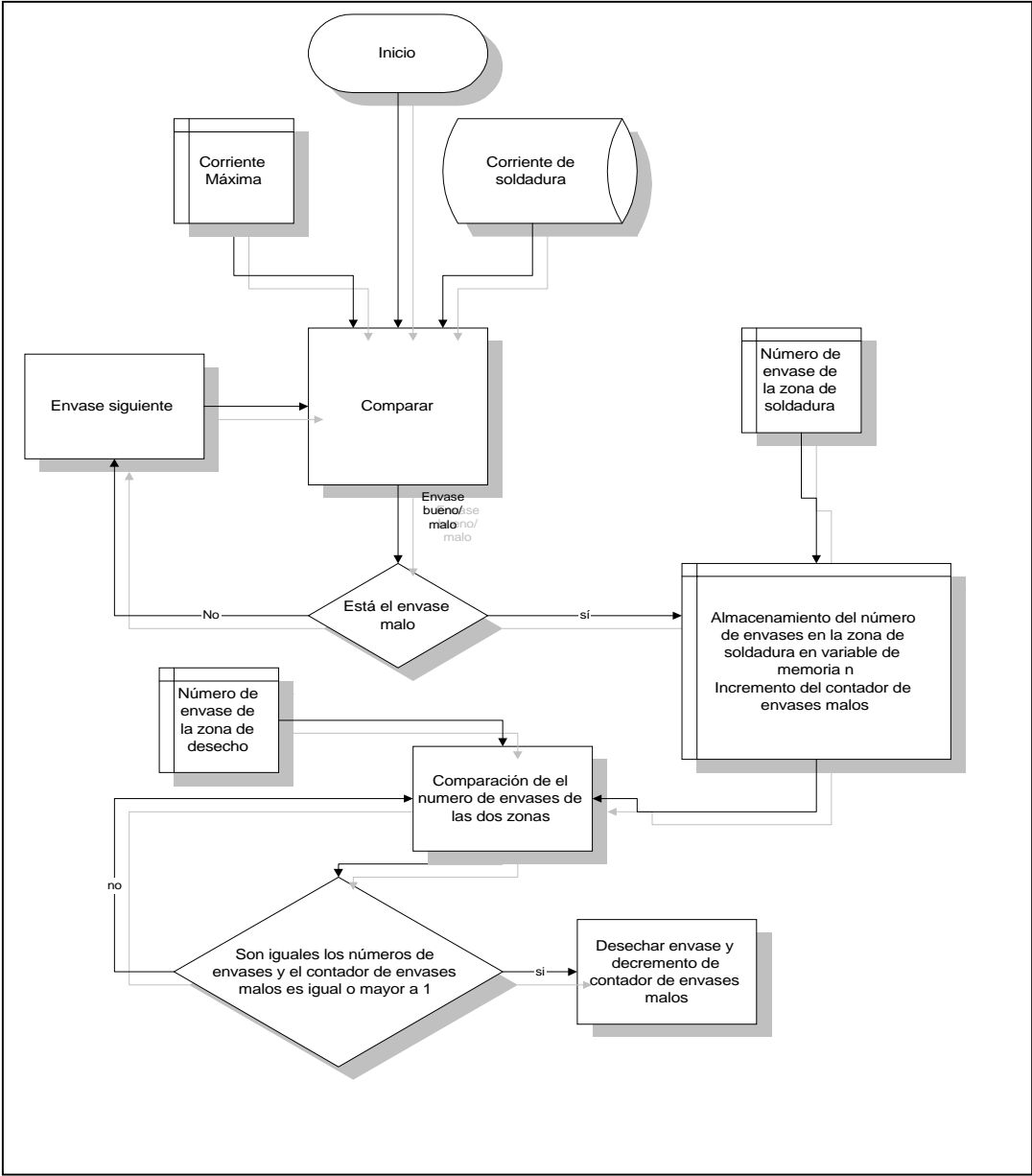


Figura 6.1 Diagrama de flujo del procesamiento de la corriente



### 6.1.2 Diagrama de flujo del procesamiento del forjado del envase de la máquina.

La señal de forjado proveniente del acelerómetro es analizada en un rango que incluyen el límite inferior y límite superior de la señal. Cuando el sensor da una señal que sobrepasa este límite, ya sea superior o inferior, se da una condición de error. Si existe un error, se procede a identificar el envase malo y si está bueno se pasa al siguiente envase. Cuando el número del envase en la zona de soldadura y el número del envase en la zona de expulsión son iguales significa que el envase malo está pasando por esta última zona y se debe desechar. En la figura 6.2 se muestra el diseño del sistema de corriente.

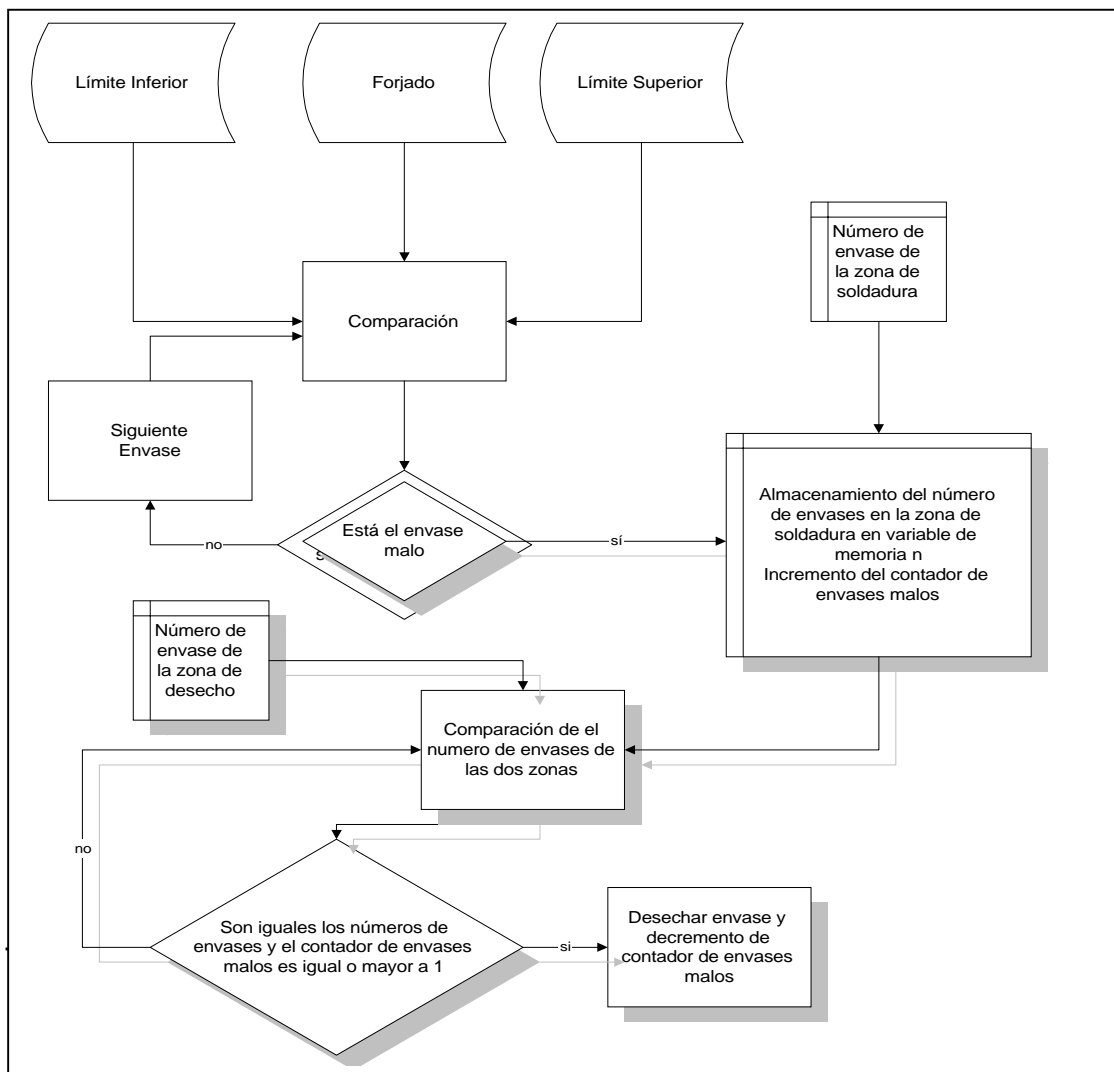


Figura 6.2 Diagrama de flujo del procesamiento del forjado

## 6.2 Alcances y limitaciones

En principio se pensó hacer el diseño e implementación del proyecto en su totalidad, pero analizando más a fondo el presupuesto y el tiempo de investigación e implementación del mismo, se limitaron los objetivos a desarrollar una investigación del monitor que existía actualmente en otra de las máquinas de la empresa y también un diseño del sistema de procesamiento de las señales para efectos del proyecto de graduación. En este documento queda analizados los aspectos referentes a los sensores utilizados, con sus respectivas mediciones de las señales, además de algunas recomendaciones de los sensores que se acoplan a la máquina en estudio. Esto no quiere decir que si se aprueba la implementación del proyecto, en el camino no se tome la decisión de utilizar algún otro sensor que sea más recomendable. Para el caso del acelerómetro, se recomienda hacer un análisis de prueba estructural a la máquina que se requiere la instalación de mismo en cuanto a la gama de amplitud y a la respuesta de frecuencia. En cuanto al sensor de corriente las especificaciones de la máquina indican el valor de la corriente, pero es necesario medirla con un amperímetro que soporte corrientes del rango de los kiloamperios.

En el caso del módulo de procesamiento, se desarrolló un diseño acoplado a las herramientas que se tenían en ese momento que para efecto de demostración y comprobación funcionaron bien, pero para efecto de implementación se requiere la adquisición de un módulo de procesamiento. En la demostración de trabajo con un PLC Allen-Bradley Micrologix 1000, teniendo como limitación el carecimiento de entradas analógicas, parte fundamental en el proyecto. Además, debido a que no se contaba con los sensores de corriente y de forjado, se simuló estas señales en la presentación final del proyecto.

En cuanto al desarrollo del software, se diseñó un diagrama en escalera para el PLC que se utilizó en la demostración, pero requiere agregarle algunas partes que por limitaciones en las herramientas ya antes mencionadas, no se pudieron desarrollar.

Por último, en la presentación en la empresa se hizo una demostración del diseño del sistema, el cual simulaba un error en la señal de la corriente; esto identificaba el envase que tenía ese error y posteriormente más adelante procedía a desecharlo en el respectivo canasto de desecho de envases.

## CAPITULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

#### Conclusiones

El monitor de soldadura instalado en la máquina de soldadura de envases de metal utiliza un sensor de corriente y un acelerómetro para determinar las fallas en la costura del envase. En la zona de soldadura utiliza un sensor de proximidad que no es afectado por el gran campo magnético que lo atraviesa, con el fin de detectar la presencia del envase. En la zona de desecho utiliza un sensor óptico emisor-receptor para detectar la presencia del envase en la zona de desecho. Además, el monitor utiliza cuatro variables mas que provienen de la máquina propiamente.

La corriente de soldadura es necesaria para que se dé el proceso de soldadura por resistencia. Tiene un rango de 3000A - 6000A según los datos del fabricante y está montada sobre un gran nivel de CD.

El dispositivo más recomendable para indicar la calidad de la soldadura del envase de metal es el acelerómetro y este debe estar montado sobre el eje que soporta la roldana de soldadura superior. Este sensor indica fielmente como se va desplazando la roldana en la superficie de la soldadura, por lo tanto indica cuando el envase tiene un error en su costura.

Las causas de que se presente algún desperfecto en la costura del envase son: litografía o capa en el área de costura, material externo, suciedad en la lámina, imperfección del rol de superficie de soldado, estrechamiento del alambre, daño en la orilla de la lámina, blanco descuadrado, anillo de calibración muy lejos adelante y atrás, roles de los anillos de calibración fuera de ajuste, barra Z ubicada incorrectamente, barra Z estropeada, hueco excesivo entre las latas, recargo en los roles de soldado, cinturones de transporte no están temporizados correctamente o desalineados.

El diseño utilizado en el proyecto se comprobó que funcionaba eficientemente en la máquina de soldadura de envases de metal. Se utilizó un PLC Allen-Bradley Micrologix 1000 para el módulo de procesamiento.

## **Recomendaciones**

El PLC que va utilizar para la implementación del proyecto debe tener entradas analógicas para que las señales provenientes de los sensores de corriente y acelerómetro sean leídos.

El diagrama en escalera del PLC contiene el funcionamiento principal del diseño. Cabe la pena decir que faltan algunos detalles importantes como por ejemplo las entradas analógicas, que por razones de no poseer dicha característica, no es posible incluirlo.

Es de suma importancia para la adquisición del acelerómetro, hacer algunas pruebas estructurales a la máquina en cuanto al rango de amplitud y la respuesta de frecuencia para la determinación de los parámetros que va a contener el acelerómetro.

En el caso del sensor de corriente, es recomendable hacer mediciones a la corriente con un equipo de medición especial que soporte corriente de gran magnitud y que se hagan para diferentes estados de la máquina para poder determinar el rango del sensor.

El sensor de proximidad de la zona de soldadura debe tener protección especial contra el campo magnético fuerte que se genera en esa zona para que no interfiera con las señales provenientes del sensor.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Kewenka T. Weld Quality Monitor. Silgan, Illinois, 1997.

Dewan S; Straughen A. Power Conductors Circuits. John Wiley and Sons, New York, 1975.

Bacells, J.; Daura, F.; Esparza, R.; Payas, R. Interferencias Electromagnéticas en Sistemas Electrónicos. Serie Mundo Electrónico Alfaomega-Marcombo, México, 1992

## APÉNDICES Y ANEXOS

### Apéndice A.1: Diagrama de escalera del PLC

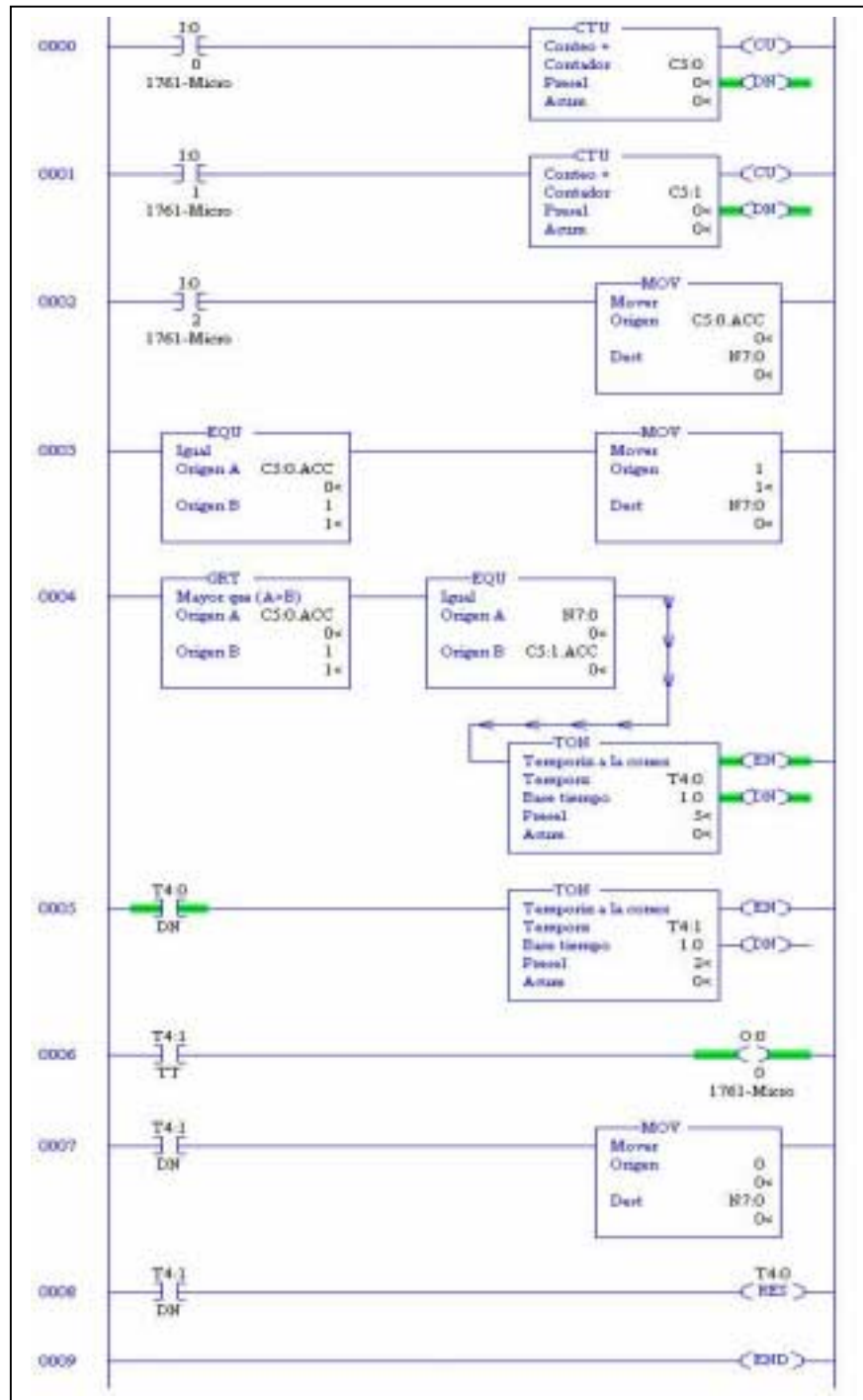


Figura A.1 Diagrama de escalera de la programación del PLC