



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

DISEÑO Y PRUEBA DE CIRCUITOS DE CONTROL ELECTRONICOS PARA MAQUINAS DE SOLDAR

TRABAJO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

GERARDO LÓPEZ LÓPEZ

ASESOR: ING. JORGE BUENDIA GOMEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A Dios por darme una familia y acompañarme en cada día de mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México en especial a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan Campo 4, por la formación profesional que me brindo.

A cada uno de los profesores que me impartieron clases, por haber compartido sus conocimientos y experiencias que ayudaron a mi formación.

A mis padres Adela López y Gualterio López por darme la vida y que gracias a sus sacrificios, a su amor y a su apoyo, pude salir adelante.

A mi hermano Roberto, por su apoyo, su cariño y sus consejos en los momentos que más los necesitaba.

A mi cuñada Diana por formar parte de esta pequeña familia y por motivarme para seguir adelante.

A mi querida sobrina Maria Fernanda que vino a dar una luz de vida a esta familia y en especial a mí.

A cada uno de mis amigos que me acompañaron en todo este tiempo y aun lo siguen haciendo, gracias por darme su amistad y por todos los momentos que pasamos juntos, dentro y fuera de la escuela.

A Lincoln Electric Mexicana S.A. de C.V., por haber formado parte de su equipo de trabajo en el área de ingeniería y poder darme esa oportunidad de haber realizado este reporte de experiencia profesional.

Con todo cariño y respeto, gracias a todos.

Gerardo López López

Índice

1. Introducción.....	1
1.1. Productos Lincoln.....	2
2. Descripción de desempeño profesional.....	5
2.1. Máquina AWM250.....	9
2.2. Máquina AWM260.....	18
2.3. Banco de resistencias.....	27
2.4. Prueba de tarjeta de control de válvula y motor de alimentación.....	33
2.4.1. Reporte de Prueba.....	33
2.4.2. Procedimiento para el correcto cambio de tarjeta Micromatic.....	38
2.5. Proyecto Seis Sigma (definir).....	39
2.5.1. Antecedentes.....	40
2.5.2. Termómetro de selección de proyecto.....	42
2.5.3. Alcance de proyecto (es/no es).....	42
2.5.4. SMART criteria.....	43
2.5.5. RACI y clan de comunicación.....	44
3. Conclusión.....	46

1. Introducción.

El presente trabajo describe las actividades realizadas dentro de Lincoln Electric Mexicana S.A. de C.V., como Ingeniero de Producto Jr., en el área de Ingeniería.

Lincoln Electric Mexicana es una subsidiaria de THE LINCOLN ELECTRIC CO. En México, la marca Lincoln era distribuida por ARMCO S.A. de C.V. (Del Grupo Aceros Nacionales) como una representación comercial únicamente.

La visión de ofrecer un rango completo de productos básicos para el mercado de la soldadura a toda América Latina determinó la decisión de establecerse en México como fabricante, con una solidez que garantizara a sus compradores calidad y servicio directo.

Para lograr este propósito en 1988 THE LINCOLN ELECTRIC CO. Adquiere paquete accionario de INDUSTRIAS SIGMA S.A. de C.V. cuya línea fuerte era fabricación de máquinas soldadoras.

Lincoln Electric decide conservar el 100% de la plantilla con la que en aquel entonces contaba INDUSTRIAS SIGMA S.A. de C.V. Por esa misma época The Lincoln Electric CO cierra la operación comercial por compra de ARMCO S.A. de C.V. La operación incluyó instalaciones y tecnología. También en este caso Lincoln conservó el personal que ya laboraba para Armco.

Así, el 2 de Marzo de 1988 inician Equipos y Soldaduras Lincoln operaciones en México, como una empresa fabricante de electrodo revestido, equipo de oxigas y máquinas de soldar.

Posteriormente cambia su razón social a Lincoln Electric Mexicana S.A. de C.V. Con la visión de ser el fabricante número 1 en el mundo de la soldadura, en 1992 THE LINCOLN ELECTRIC CO. cierra en México un nuevo negocio. En mayo de ese año se oficializa la compra de Champion Internacional S.A. de C.V.

Con esta operación comercial, Lincoln se convirtió en el segundo mejor fabricante del sector y con certificaciones como proveedor confiable de PEMEX, CATERPILLAR, METALSA, PETROBRAS entre otras.

1.1. Productos Lincoln.

Lincoln Electric Mexicana fabrica una gran variedad de máquinas para soldar, enfocadas a lograr una óptima productividad.

Entre sus máquinas (ver fig.1.1.1) de soldar se encuentran:

- HOBBY WELD
- AC-100
- AC-180
- AC-225
- GLM
- RX-250
- RX-300
- RX-450
- RX-520
- HORNOS
- RX-450D
- RX-520D.



Fig.1.1.1 Máquinas Lincoln Electric

Lincoln Electric Mexicana ofrece electrodos de calidad necesarios para cada sector donde se utilizan (ver fig. 1.1.2).

Electrodos revestidos: los más comunes utilizados en la fabricación, construcción y mantenimiento.

Electrodos de bajo hidrógeno: para soldar en todas posiciones con alta resistencia.

Electrodos de carbón: para corte y desbaste por arco aire.

Electrodos de relleno y solidificación: utilizados en la industria de la herrería por su buena apariencia y fácil operación.



Fig. 1.1.2 Electrodo revestido

Lincoln Electric, además de fabricar electrodos de diversos tipos, también fabrica los alambres MIG (Metal Inert Gas), para soldadura con microalambre (ver fig. 1.1.3). Son alambres sólidos para soldadura que requiere un gas de protección.



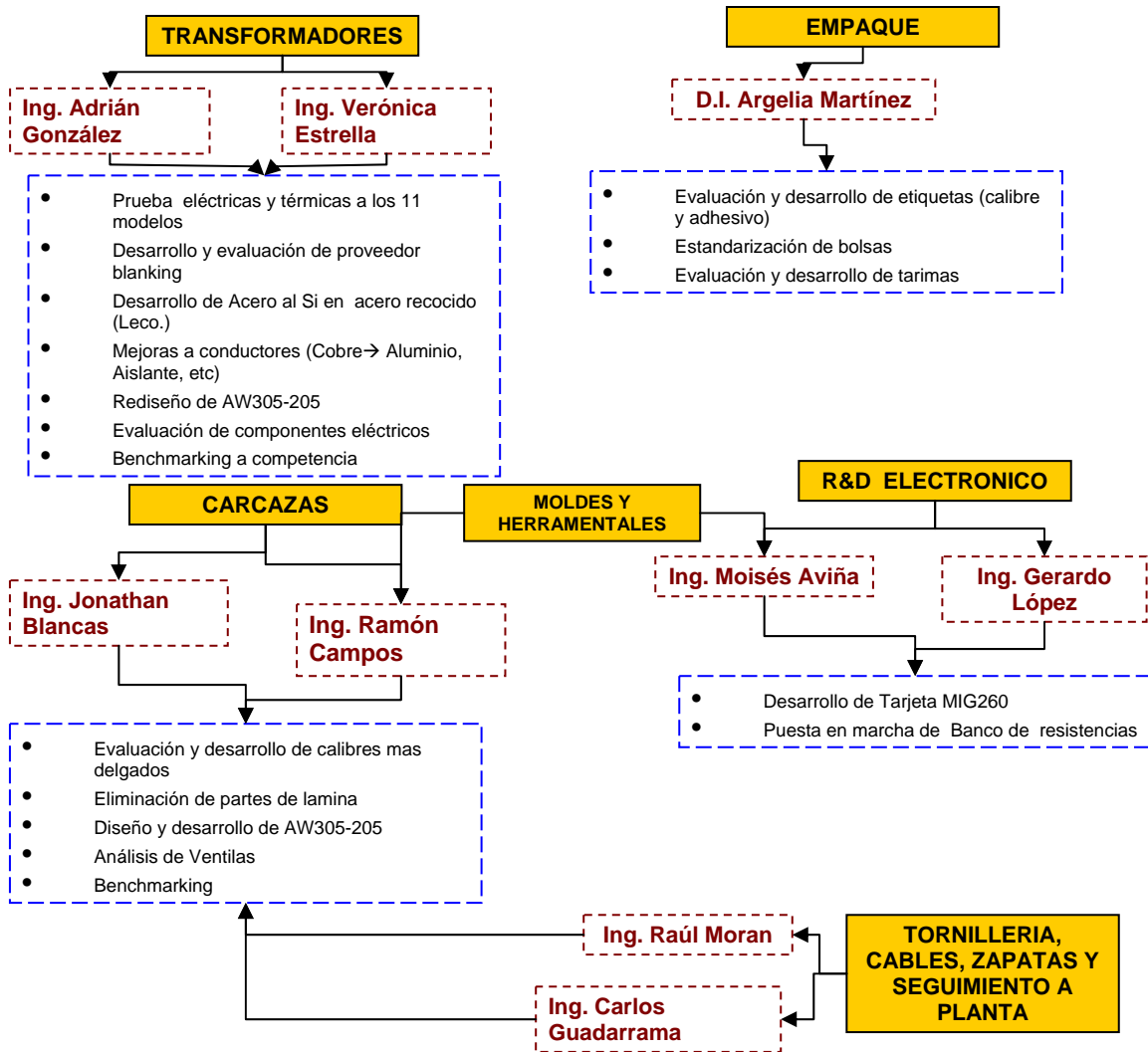
Fig. 1.1.3 Rollos de Microalambre

2. Descripción de desempeño profesional.

Después de mostrar y dar a conocer los productos que Lincoln Electric fabrica, además del giro de la empresa, Lincoln Electric desarrolla máquinas de soldar por arco eléctrico para el mercado latinoamericano, con un menor costo que las máquinas fabricadas en Lincoln Electric Cleveland Ohio, donde se encuentra la matriz.

Para esto Lincoln Electric Mexicana cuenta con un área de Ingeniería (ver fig. 2.1), en la cual se diseña y desarrolla las nuevas máquinas que saldrán al mercado. Mi llegada a LEM fue para ocupar el puesto de Ingeniero de Producto Jr., auxiliando en el diseño y pruebas de circuitos electrónicos de control, en el proyecto de una nueva máquina de soldar AWM260 (Arc Welding Mig 260).

El área de Ingeniería estaba compuesta como se muestra el organigrama.



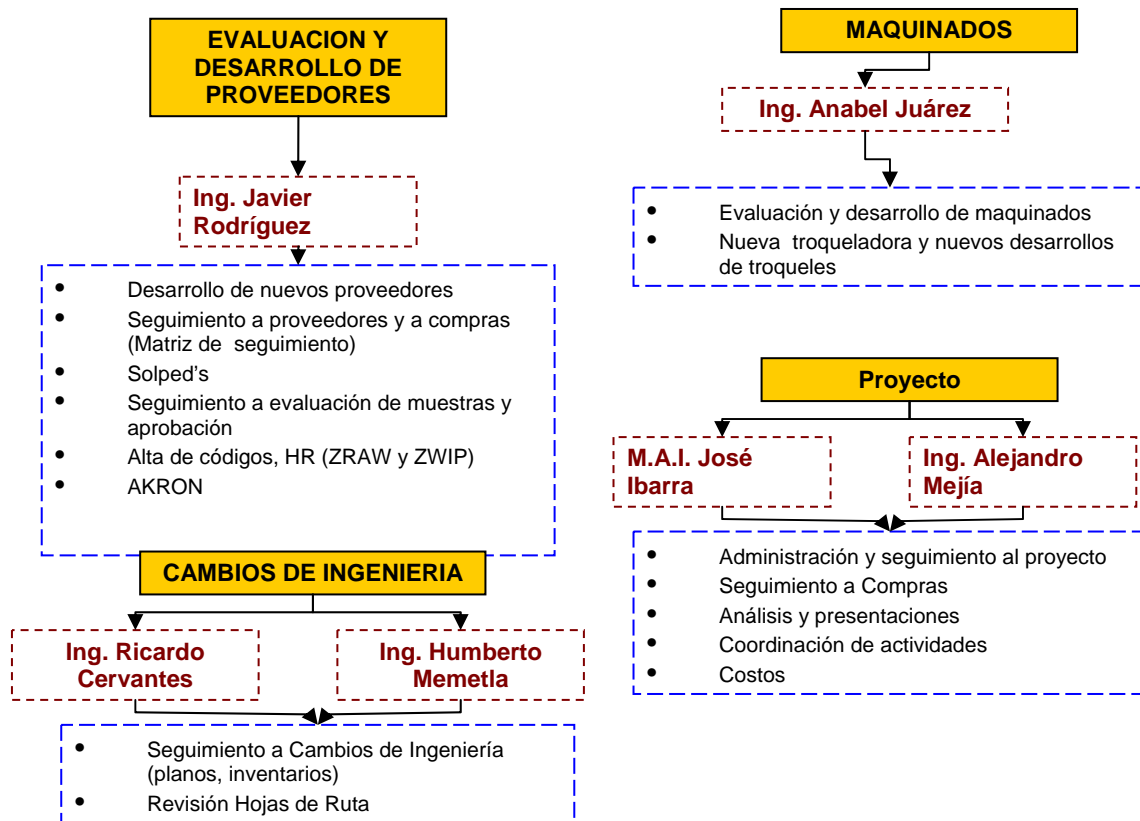


Fig. 2.1. Organigrama área de Ingeniería

Las actividades que me asignaron son las siguientes:

Máquina **AWM 250** (Arc Welding Mig 250Amps). Realizar investigación, pruebas y especificaciones para un cambio de ingeniería en la tarjeta de control, a través de las siguientes actividades:

- a) Obtener autorización de servicio técnico y calidad para el cambio.
- b) Hacer el cambio de PCB (Printed Circuit Board).
- c) Cambio de Software.
- d) Cambio de planos para producción.

Máquina **AWM 260** (Arc Welding Mig 260Amps). Auxiliar en el Diseño y Pruebas de Circuitos de control electrónicos para el control de la máquina.

- a) Revisar diseño de V4 (Versión 4).
- b) Generar software para retroalimentaciones.
- c) Pruebas de prototipo V4 (Versión 4) y validar diseño.
- d) Desarrollo de prototipo final.

Diseñar circuitos de control para el manejo de un **Banco de Resistencias**, para realizar pruebas de temperatura, consumo de corriente y ciclo de trabajo.

- a) Poner en Marcha.
- b) Determinar cargas o consumos de corriente.
- c) Diseño de programas de control.
- d) Diseño de interfase de control.

2.1. Máquina AWM 250 (Arc Welding MIG 250 amps.)

Se comenzó con el proyecto que involucra la máquina AWM250, (Arc Welding Mig 250 Amps).

Esta máquina tiene un control electrónico (ver fig.2.1.1) para poder manejar la velocidad del motor de C.D. del alimentador de microalambre de la máquina, utilizando PWM con un microcontrolador, esta señal pasa por un etapa de potencia formada con transistores TIP para otorgar la corriente necesaria para el alimentador, esta corriente es tomada de una fuente de voltaje rectificada proveniente de un devanado del transformador principal de la máquina, al igual que la alimentación de toda la tarjeta, tomada de otro devanado y rectificada a 5Vc.d.

El problema con esta máquina fue que la tarjeta de control se quemaba constantemente debido a la intensidad de corriente que pasa a través de las pistas que alimentan al motor, así como la fuente de alimentación de la tarjeta proveniente del transformador de la máquina.

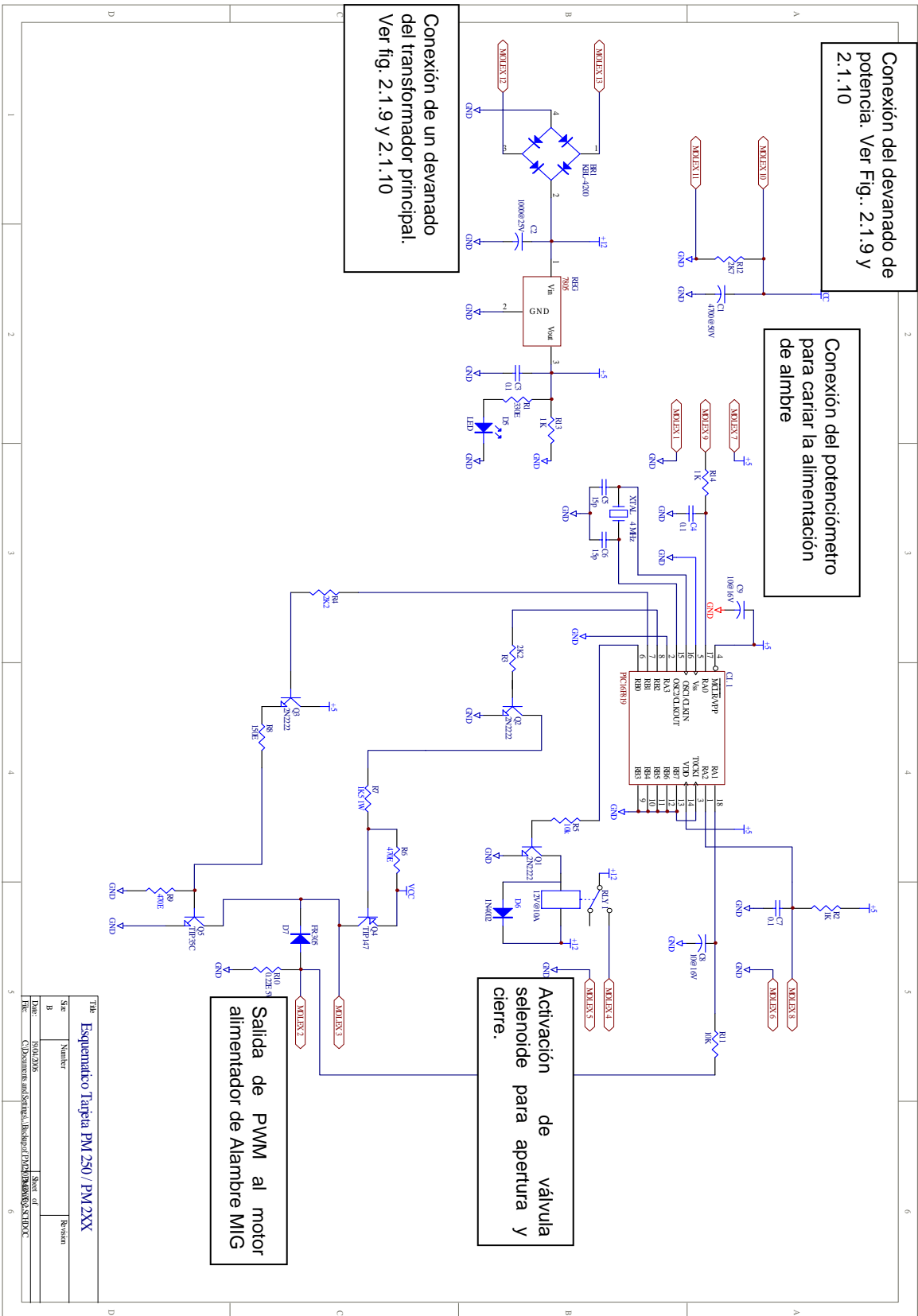
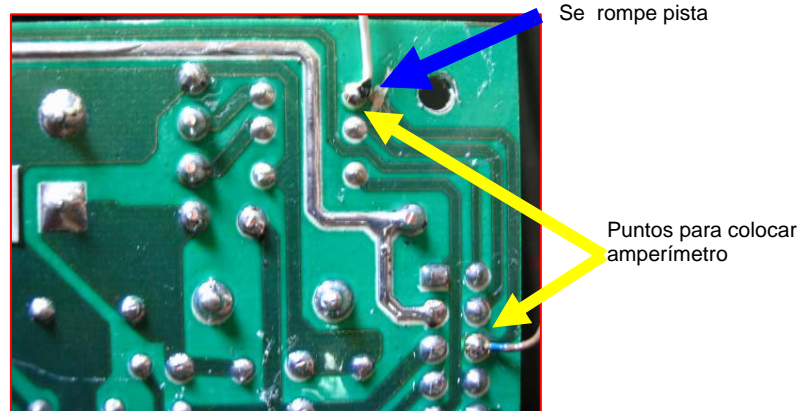


Fig. 2.1.1 Esquemático Tarjeta PM250

Se realizó una investigación del por que se quemaba la tarjeta. Se analizaron los resultados para hacer modificaciones y realizar un cambio de ingeniería en la tarjeta electrónica.

En la revisión se hizo lo siguiente:

- Se reviso consumo de corriente de entrada (ver fig. 2.1.2).



Se prepara la tarjeta rompiendo una de las pistas que se quemaron y acoplado amperímetro serie para medir la corriente pico y la corriente nominal.

Fig. 2.1.2 Tarjeta de control PM250

- La corriente pico se detecta en milésimas de segundo al activar el gatillo de la antorcha (ver fig. 2.1.3).

Se obtiene un consumo de hasta 13 amperes.



Fig. 2.1.3 Consumo de Amperes

- La corriente nominal se encuentra hasta que se carga el capacitor y estabiliza el motor alimentador y es con la que se está trabajando de manera constante. Se obtiene un consumo nominal entre 3 a 6 amperes

(ver fig. 2.1.4). Este rango depende en gran medida de la velocidad de alambre debido a que entre mas velocidad mas consumo de alambre o presión del alambre en el brazo de ajuste y carrete, que produce que se forcé un poco el motor requiriendo un consumo mayor de corriente (ver fig. 2.1.4).



Velocidad de alambre al mínimo



Velocidad de alambre a la mitad



Velocidad de alambre al máx.

Fig. 2.1.4 Consumo de corriente por velocidad del motor.

- Se revisa consumo de corriente (ver fig. 2.1.5) en el motor de corriente directa.



Se prepara arnés rodeando uno de los cables del motor alimentador y acoplado el amperímetro para medir la corriente pico y la corriente nominal.

Fig. 2.1.5 Consumo de corriente en motor.

- En la etapa de CD se encuentra un consumo de corriente de 9 Amperes pico, una corriente de 3.0 – 3.5 amperes nominales (esta etapa es donde se encuentra el motor), la tarjeta se protege a los 3.5 - 4.0 Amperes que es cuando el software detecta que se está forzando el alambre y en el momento para la alimentación de alambre (ver fig. 2.1.6).

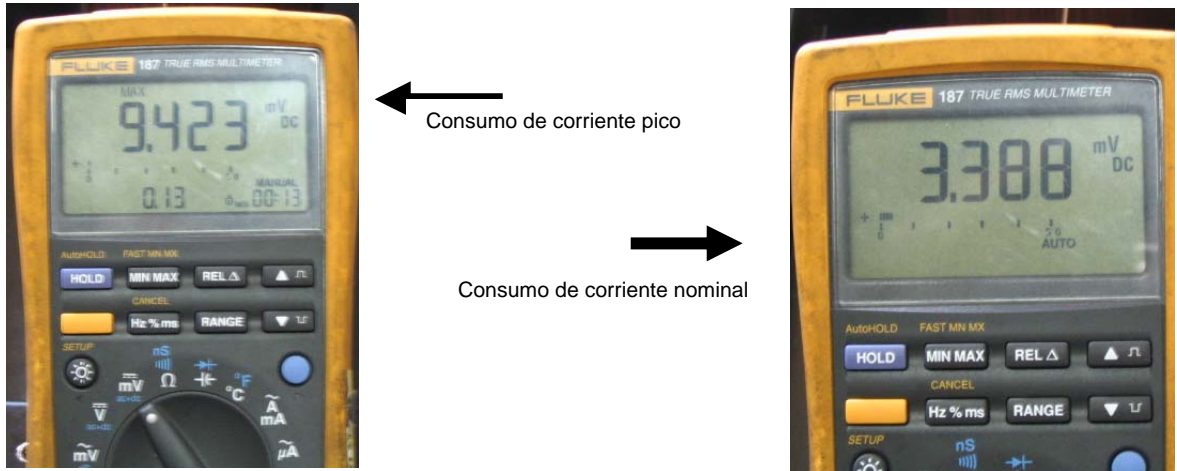


Fig. 2.1.6 Consumo de corrientes pico y nominal

Con esta prueba se realizaron propuestas para los cambios de PCB (Printed Circuit Board).

Las propuestas consisten en lo siguiente:

Propuesta 1: con puente de 2 Amperes para control y el puente de 25 Amperes para potencia, se encuentra que queda limitado el puente de 2 Amperes ya que con el contactor se consumen 1.6 Amperes aprox. (ver fig. 2.1.7)

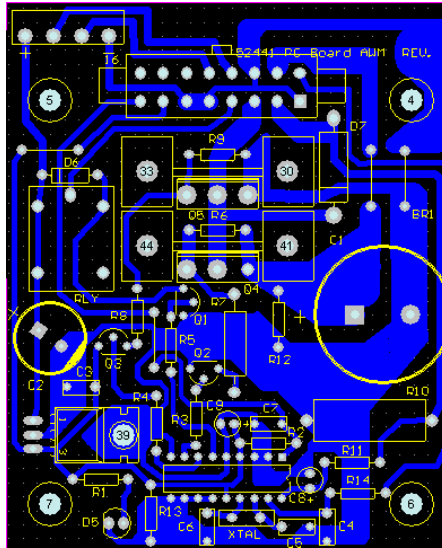


Fig. 2.1.7 Propuesta 1 de PCB

Propuesta 2: con puente de 4 Amperes para control y el puente de 25 Amperes para potencia, se encuentra que el alambrado de la máquina se complicaría y sería difícil el acoplar este modelo a máquinas ya terminadas. (ver fig. 2.1.8)

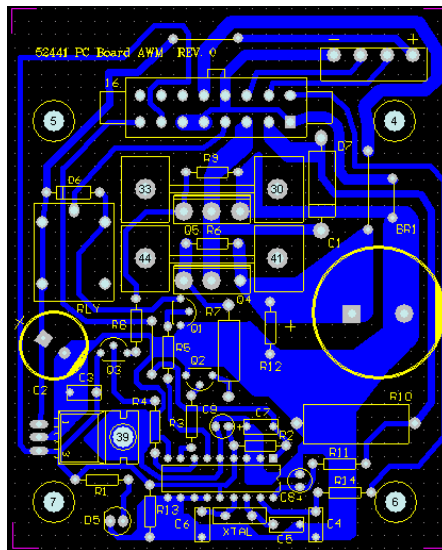


Fig. 2.1.8 Propuesta 2 de PCB

Por lo tanto las conexiones de la tarjeta de control de alimentador quedarían de la siguiente forma (ver fig. 2.1.9):

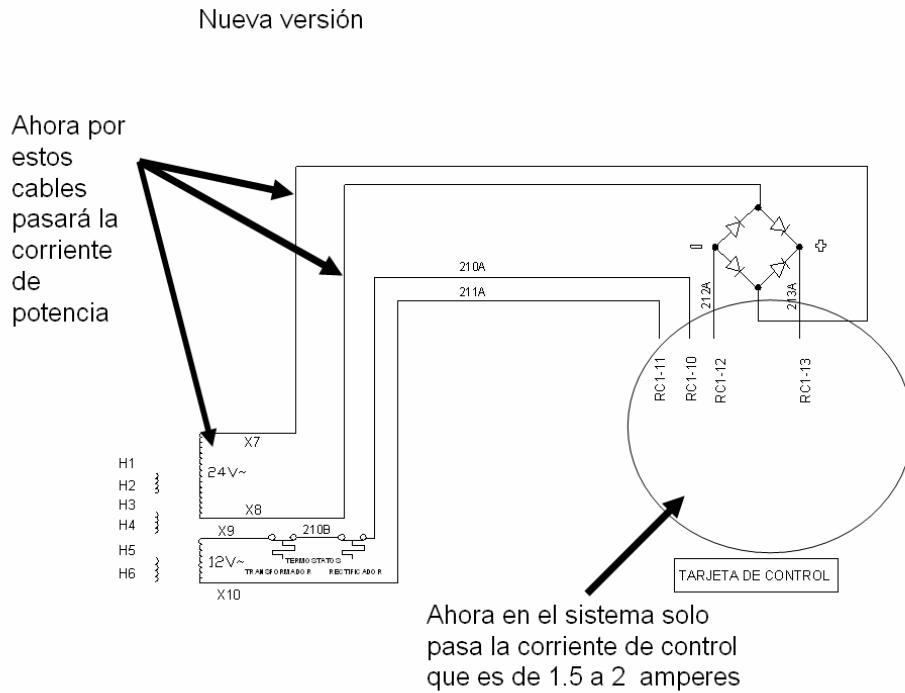


Fig. 2.1.9 Diagrama de conexión nueva versión

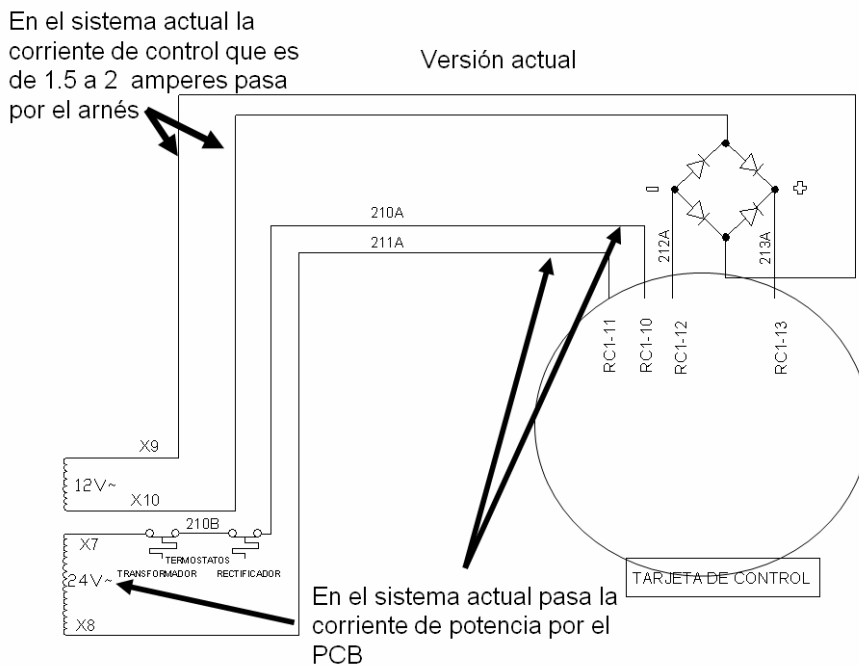
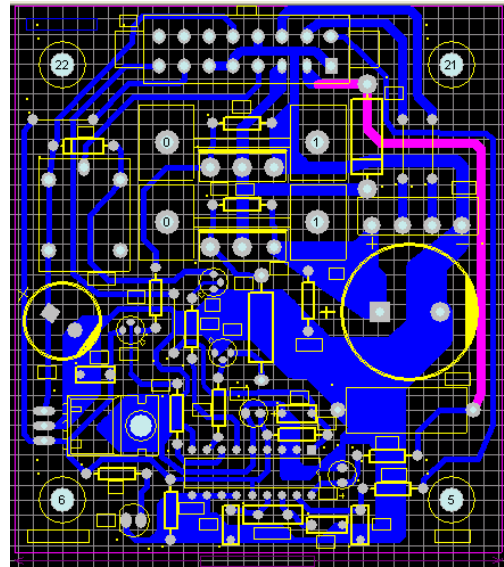


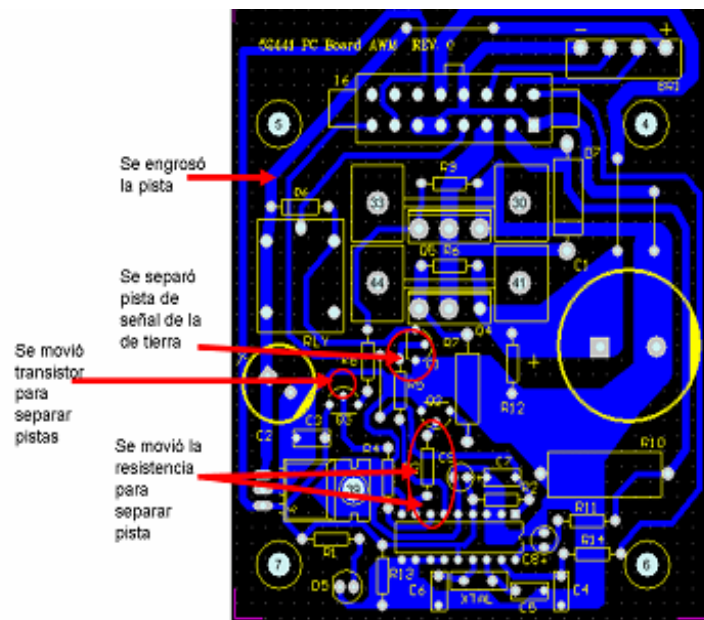
Fig. 2.1.10 Diagrama de conexión versión actual

Al final, los cambios en el PCB quedaron como se ve en la imagen (ver fig. 2.1.11a y fig. 2.1.11b), mostrando los puntos en la cual se realizaron las modificaciones necesarias para su funcionamiento.



Versión anterior

Fig. 2.1.11. a Comparación de PCB



Nueva Versión

Fig. 2.1.11. b Comparación de PCB

Se mandaron a manufacturar 10 tarjetas de control (ver fig.2.1.12) con las modificaciones antes mencionadas de las cuales 9 de ellas se mandaron a campo con su respectiva máquina a través del departamento de servicio técnico, para probar su funcionamiento. El departamento de ingeniería esta en espera de los resultados para poder aceptar el cambio de ingeniería.

Con esto se pretende reducir los cambios de tarjetas de control dañadas, por garantías de la máquina.



Fig.2.1.12 Tarjeta de Control PM250

Nota: las imágenes donde se muestra la corriente de consumo en el multímetro, esta en Amperes aunque se muestre en mV, esto es debido a que el amperímetro de gancho que se utiliza para medir la corriente no tiene display y debe ser conectado a un multímetro Fluke y colocar el selector en mV, para poder mostrar la lectura.

2.2. Maquina AWM 260 (Arc Welding MIG 260 amps.)

Otra de las actividades que se encontraban a mi cargo fue la colaboración en el proyecto llamado AWM260 (Arc Welding Mig 260 Amps), en el diseño y prueba de los circuitos de control de la misma máquina. Este proyecto salió como resultado de la competencia en el mercado con otras máquinas de soldadura MIG. Debido a que las máquinas Lincoln MIG fabricadas en USA son mucho más caras que la competencia en el mercado latinoamericano. Es así como Lincoln Electric Mexicana desarrolla una máquina mas barata de soldadura MIG para competir en precio y calidad con otras máquinas del mismo tipo.

Las características de esta máquina son:

- Voltaje de salida hasta 30 V c.d. con 300 amps.
- Rectificación de voltaje a través de SCR's (Silicon Controlled Rectifier).
- Displays de voltaje y velocidad de alimentación.

El principio de estas máquinas es corriente constante con voltaje constante, de acuerdo a una fórmula de voltaje con respecto a la corriente, que por cuestiones de seguridad solo se hará mención.

Se comenzó por el control del alimentador de alambre MIG (ver fig. 2.2.1). Este alimentador es fabricado por Lincoln Electric CO. En general contiene un motor de corriente directa de 6 amps a 24 V. Para poder controlar la velocidad del motor se utilizó la modulación por ancho de pulso (PWM) manejada por un PIC. Sin embargo éste no puede manejar corrientes mayores de 25 mA por pin.

Para el sentido de giro y poder ocupar la PWM del PIC, se utilizó un arreglo de puente H, muy usado para controlar el sentido de giro de motores de c.d. En este caso solo se tiene un sentido de giro, debido a la colocación del alimentador en la máquina.

El puente H es un arreglo de transistores de potencia TIP que manejan la corriente necesaria para el funcionamiento del motor del alimentador. Esa corriente es otorgada a través de una fuente de voltaje de 24 Vc.d. proveniente de un devanado del transformador de potencia de la máquina, rectificado con un puente de diodos.

Para utilizar la PWM del PIC y activar los transistores de potencia se utilizaron transistores 2N2222A de switcheo, en una configuración de amplificador emisor común simple que se activan con la corriente que brinda el microcontrolador. Los TIP se encuentran en la misma configuración de emisor común simple.

Con la activación de los transistores de switcheo, alimentados con 5 volts, se activan a los TIP y dejan pasar la corriente hacia el motor, haciendo la función de apagar y encender. Así entre más tiempo dure el pulso positivo girara más rápido, y al contrario, si es mucho más corto, más lento.

También se tiene que hacer un freno dinámico para el motor debido a que cuando se está soldando y se activa el gatillo de la antorcha, tiene que alimentar el alambre MIG. Pero cuando se para de soldar ya no debe existir alimentación de alambre y pare de inmediato, si no provocaría un arco eléctrico que podría ser peligroso para el usuario.

Se diseñó un freno dinámico con el mismo principio que el manejo de motor. El microcontrolador activa un 2N2222A para activar un TIP. La función de éste es mandar a tierra la señal PWM y así no llegue la señal al motor y pare al instante.

Cuando se oprime el gatillo el PIC manda PWM al motor. Cuando se deja de oprimir el gatillo el microcontrolador lo detecta activa el freno. El TIP manda la señal de PWM que está pasando en ese momento a tierra y para al instante el motor. El PIC deja de mandar señal hasta que se vuelva a oprimir el gatillo.

El circuito quedó de la siguiente forma:

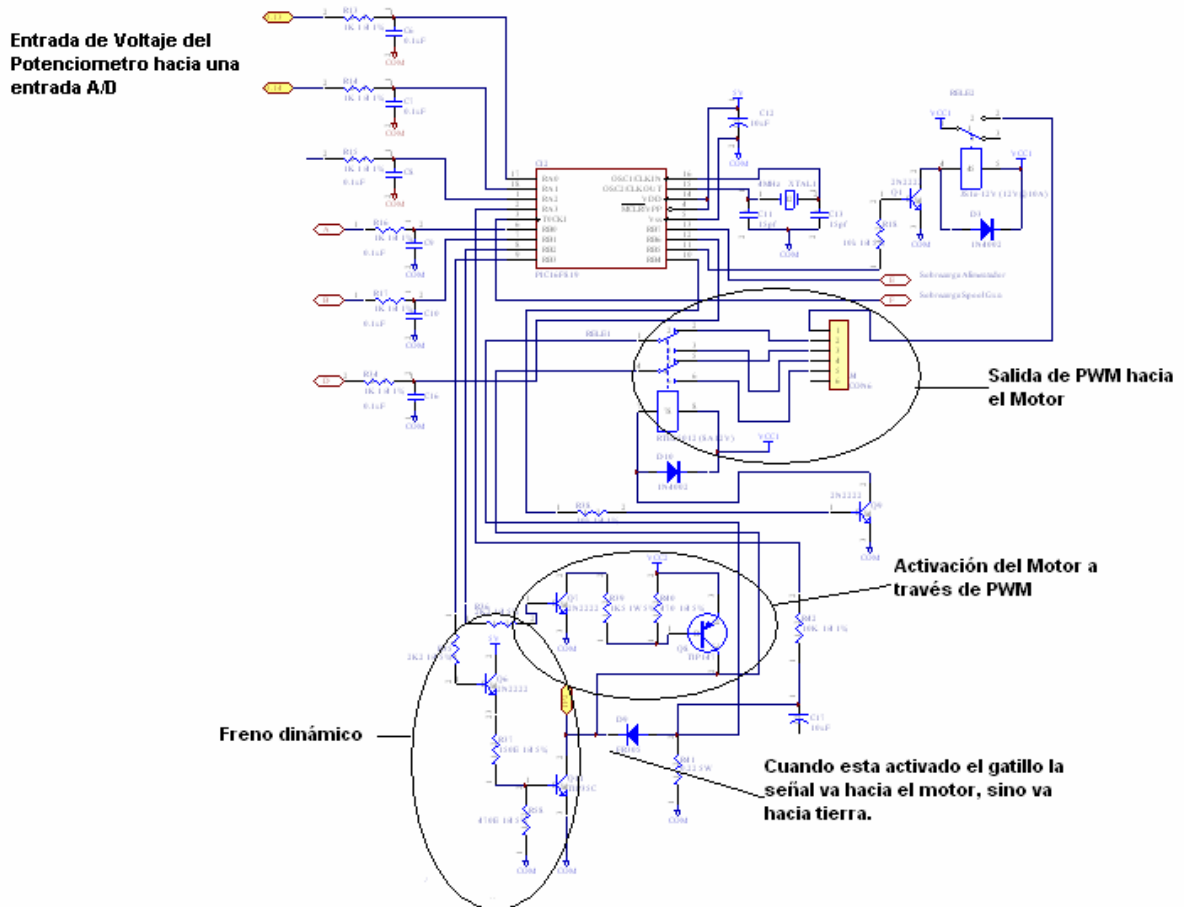


Fig. 2.2.1 Circuito de control del alimentador de alambre MIG

Para poder controlar la rectificación del voltaje de soldadura se diseñó un circuito para la activación de los SCR's (ver fig. 2.2.5). Se utilizó la misma fórmula de PWM.

Para poder crear esta modulación se usó la técnica de comparación a través de Amplificadores Operacionales. Se creó una señal rampa con un circuito que carga un capacitor y se descarga cuando haya un cruce por cero (ver fig. 2.2.3) de la señal de alterna proveniente de un detector de cruce (ver fig. 2.2.2), para poder sincronizar la señal de ancho de pulso con la señal de V a.c., así como la activación de los SCR's, y dejar pasar el voltaje de salida necesario.

El detector cruce por cero (ver fig. 2.2.2), como su nombre lo dice, detecta cuando la señal haya tenido un cruce por cero. Compara con un Amplificador Operacional dando a la salida pulsos.

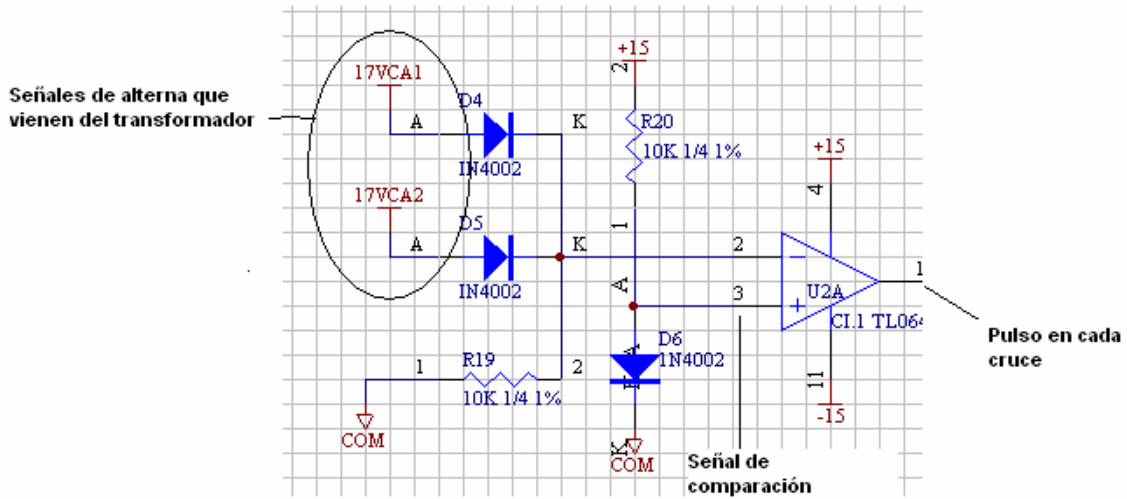


Fig. 2.2.2 Detector de cruce por cero

Estos pulsos activan un transistor de switcheo que produce que se descargue un capacitor, el cual crea la señal rampa (ver fig. 2.2.3) con la cual se compara para crear el ancho de pulso.

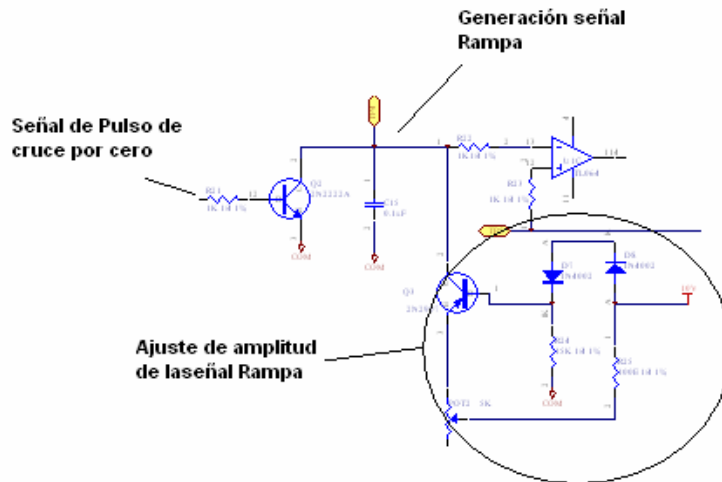


Fig. 2.2.3 Generador de Señal Rampa

Para poder crear la señal de referencia para la comparación se diseñó un circuito mediante un potenciómetro como divisor de voltaje que varía el voltaje de 0V a 5V, conectado hacia un microcontrolador PIC en una de sus entradas analógicas. Este manda una señal digital de 8 bits a un DAC para poder crear la señal de referencia para el comparador.

Así entre mayor sea el voltaje de referencia menor será el ciclo de trabajo de la modulación y si es menor el voltaje de comparación el ciclo de trabajo es mucho mayor (ver fig. 2.2.4).

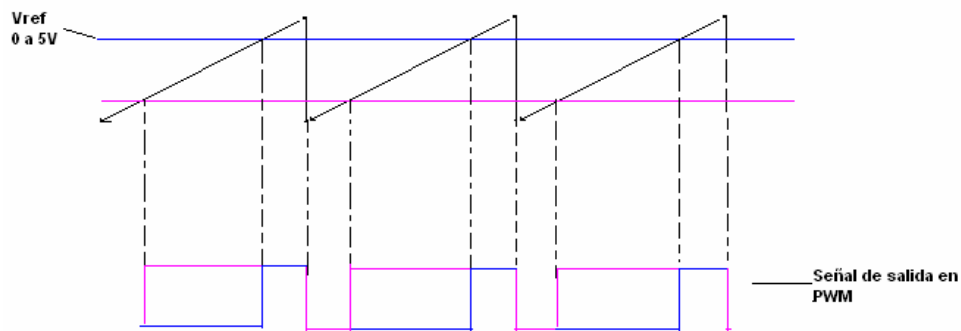


Fig. 2.2.4 Comparación Vref y señal Rampa

Si el potenciómetro se encuentra a cero el PIC manda al DAC el valor mínimo de comparación para que al voltaje de salida sea el mínimo, que es aproximadamente de 14 V.

Esta señal de ancho de pulso activa un TIP para poder enviar la corriente necesaria para activar a los SCR's y rectificar la señal.

El circuito que se diseñó quedó de la siguiente forma:

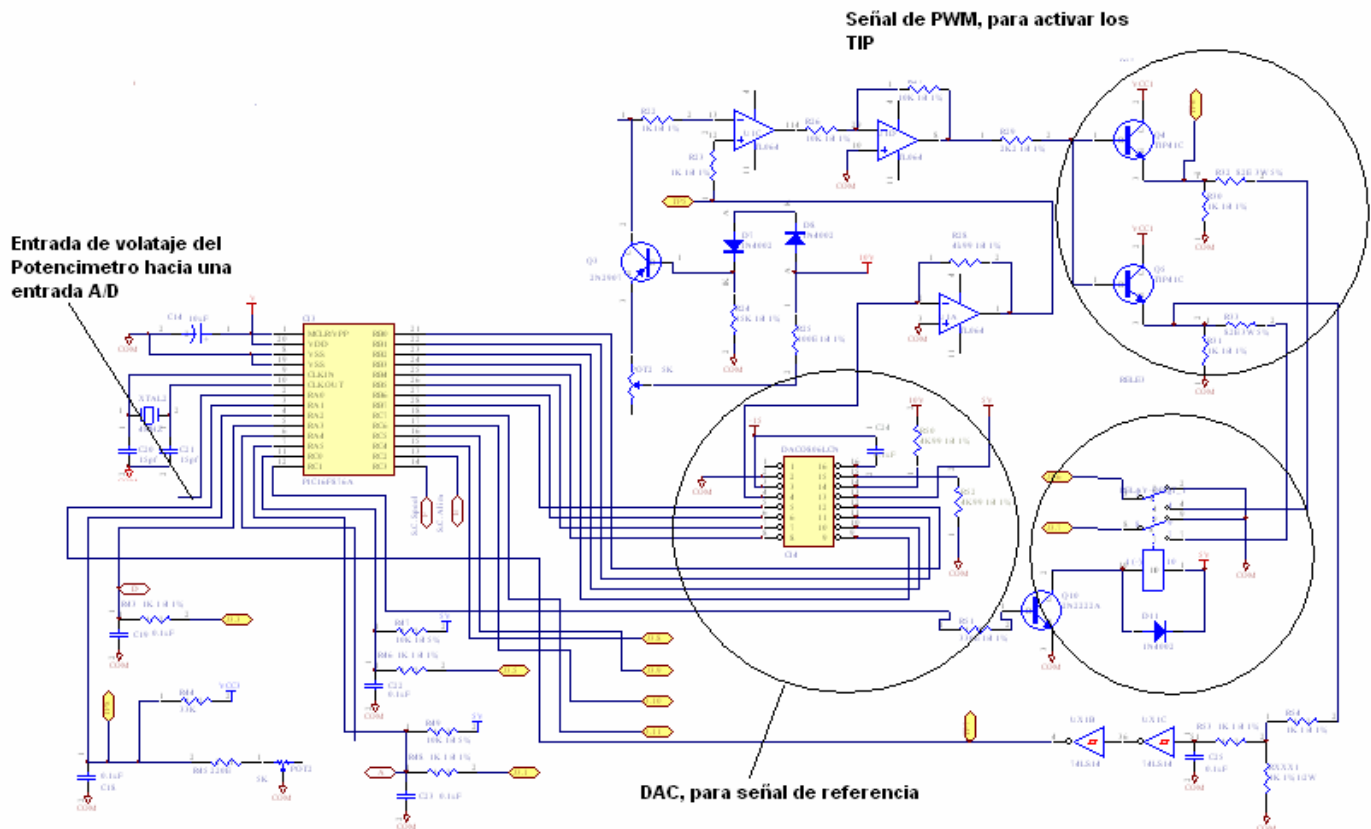


Fig. 2.2.5 Circuito de control de rectificación del voltaje

Después de explicar los circuitos de control de la máquina el principio de la misma es el siguiente: la señal de PWM entra en los SCR's para dejar pasar el voltaje necesario de 0Va.c. a 30Va.c. Dependiendo el tiempo que permanezcan activados los SCR's es la variación de voltaje, la salida pasa por un banco de capacitores para mantener el voltaje a un nivel constante, después a una resistencia de

descarga y por ultimo un estabilizador formado por una bobina conectada en serie para que mantenga la corriente constante (ver fig. 2.2.6).

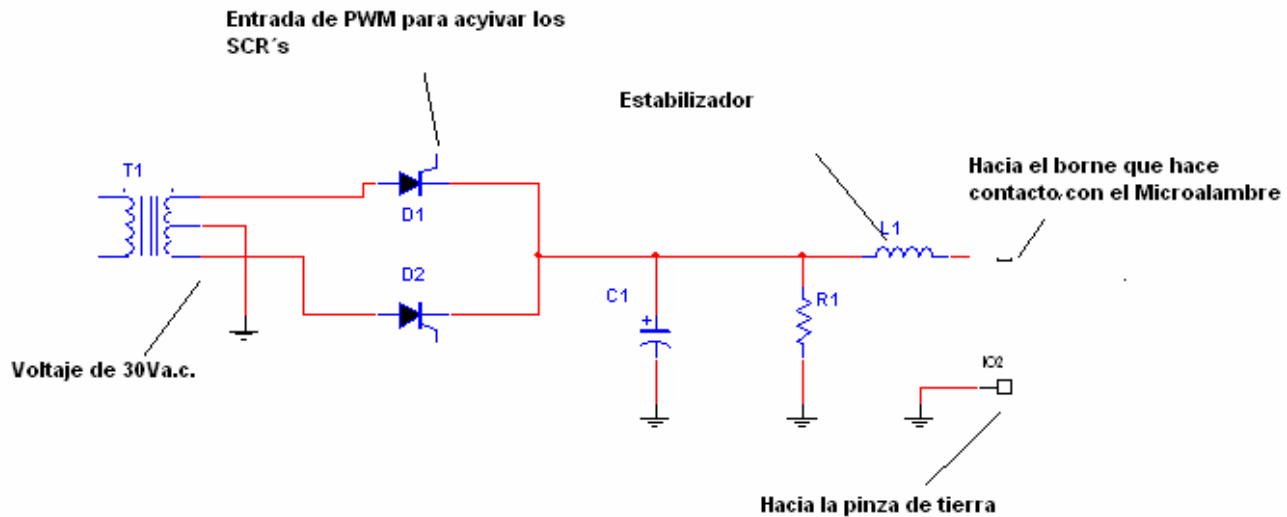


Fig. 2.2.6 Diagrama eléctrico de rectificación de voltaje

Para poder mostrar el voltaje de salida de la máquina y la velocidad del alambre se diseñó un circuito en el cual, se utilizan 3 displays de 7 segmentos multiplexados en tiempo, controlados desde un microcontrolador que detecta el cambio de voltaje que se presenta al momento de variar los potenciómetros de voltaje de soldadura (ver fig. 2.2.5) y de alimentación de alambre (ver fig. 2.2.1), en uno de sus canales de conversión A/D en cada uno de los PIC's, son dos circuitos de que se utilizan un circuito para voltaje de salida y un circuito para la velocidad. En la figura 2.2.7 se muestra sólo un circuito:

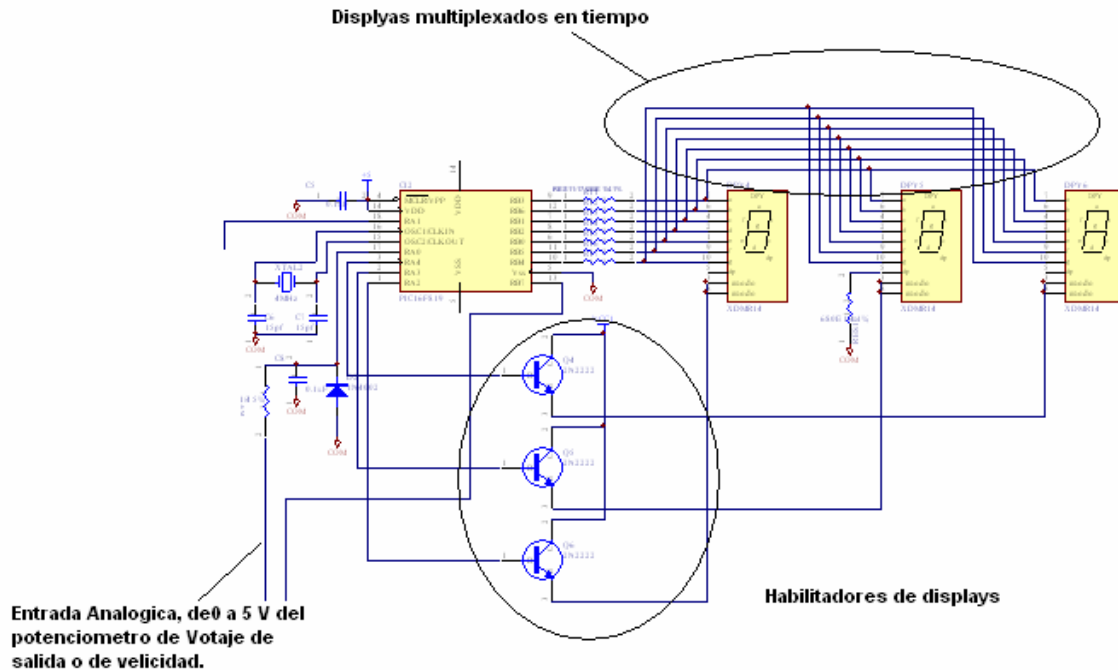


Fig. 2.2.7 Circuito de displays multiplexados

Después del diseño y armado en protoboard, se probó simulando las señales con un generador de funciones, un transformador, los SCR's, osciloscopio, multímetro, entre otros accesorios. Además de probar el funcionamiento del circuito se mandaron a fabricar PCB (Printed Circuit Board) de prueba con proveedores, con el diseño de control y displays.

A la entrega de las tarjetas de prueba se revisaron todas las pistas, si la configuración es la adecuada, si no se cruzaron pistas, si son los componentes correctos, etc. después de haber revisado esto se monta en la máquina (ver fig. 2.2.8).

Para esto se hicieron arneses de conexión para los periféricos de la máquina hacia la tarjeta. Conectada la tarjeta se probó encendiendo la máquina, se movió los potenciómetros frontales para selección de voltaje y la velocidad del alimentador de alambre. Un soldador comenzó a soldar con la máquina para poder verificar que la máquina estuviera otorgando la corriente necesaria con un voltaje

constante. Se volvieron a medir todas las señales de la tarjeta para comprobar su buen funcionamiento.

Por ultimo se tomaron datos para que la muestra en los displays fuera la correcta y poder corregir el programa de control de cada uno de los microcontroladores usados en los circuitos. Esta actividad está en proceso y por seguridad no serán mostrados en este reporte.



Tarjeta de Control



Prototipo MIG260



Fig.2.2.8 Máquina AWM 260 Prototipo

2.3. Banco de Resistencias

Otra de los proyectos es el diseño de un control eléctrico-electrónico para un **Banco de Resistencias** (ver fig. 2.3.1). Este equipo es utilizado para probar la corriente que proporciona la máquina y realizar las pruebas de temperatura del transformador.

Este equipo fue enviado desde Lincoln Electric Francia, empresa que cerró hace algunos años, de lo cual no tengo conocimiento de la fecha exacta. Llegó a LEM sin ningún manual de funcionamiento o alguna hoja técnica para saber la configuración del equipo.

Se desarmó el banco para poder analizar la configuración de las resistencias y poder hacer una suposición de si el banco demanda mas corriente hay que colocar resistencias en paralelo. En la fig. 2.3.1 se muestra las resistencias.

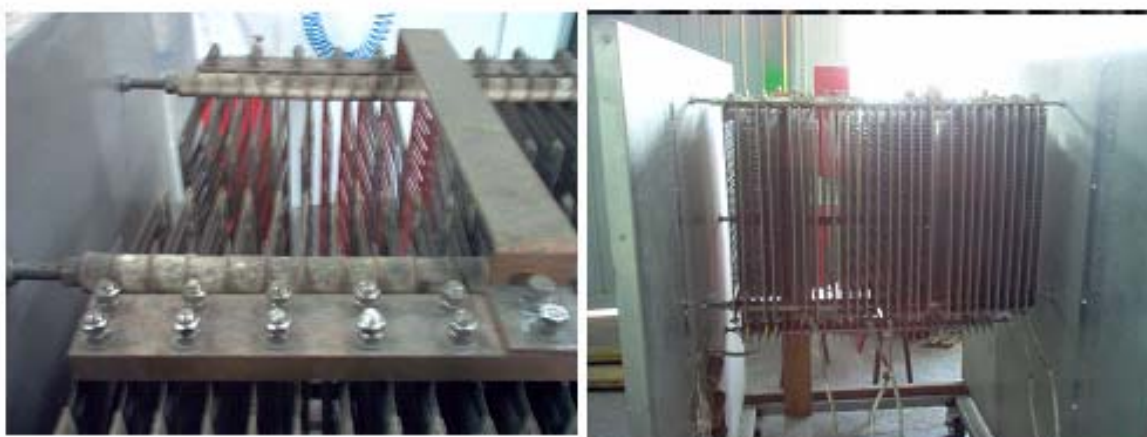


Fig. 2.3.1 Banco de resistencias

Se comprobó que las resistencias se encuentran en paralelo. Después se analizó el panel de control formado por contactores de diferente capacidad de corriente (ver fig. 2.3.2). Se observó que cada contactor al hacer activado deja pasar la corriente a través de la resistencia que le corresponde, poniéndola en paralelo y así con cada una de las resistencias.



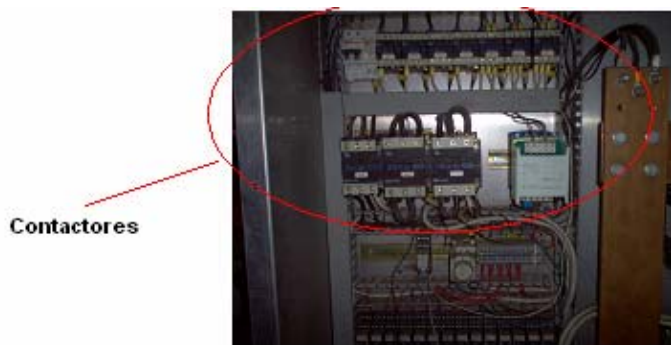
Panel Frontal



Contactores

Fig. 2.3.2 Panel frontal

Entre los contactores hay de baja potencia a 24 Vc.d. que trabajan como drivers para activar los contactores de mayor potencia (ver fig. 2.3.3). Estos contactores son utilizados en corriente alterna, por que cada uno de ellos tiene entradas para las tres fases. Sin embargo, estas entradas son puenteadas una con otra para hacer un contactor de una sola fase y sirva en corriente alterna y directa.



Contactores



Contactores de 24 Vc.d. que sirven como drives de los contactores de mayor potencia

Fig. 2.3.3 Contactores

Para poder controlar y activar los contactores se determinó utilizar un PLC SIEMENS LOGO! (ver fig. 2.3.4). Se pensó hacerlo con un microcontrolador, sin embargo en varias pruebas con el microcontrolador, al momento de que los contactores enclavan, provoca ruido magnético al microcontrolador en la entrada de alimentación, haciendo que se reinicie el PIC. Con el PLC se eliminó esos defectos y se ahorró, circuiteria de potencia para activar los drives.

El PLC LOGO! tiene salida transistor a 24 Vc.d. perfecto para activar los drives del banco. Se compraron también módulos de I/O (entrada/ salida) para poder manejar los 13 drives de cada banco (ver fig. 2.3.4).

En general el banco se alimenta con 220 V para cada contactor y tiene una fuente de 24 Vc.d. para alimentación del PLC. Tiene una capacidad de 75KW a 50 V con 1500 amperes, suficiente para cubrir las corrientes que manejan las máquinas de soldar que serán probadas.



Fig. 2.3.4 PLC Siemens LOGO! y modulo de entrada/salida

Solicitud de compra, para el banco de resistencias (ver fig. 2.3.5):

LINCOLN ELECTRIC MEXICANA, S.A. DE C.V.		SOLICITUD DE COMPRA		
FECHA DE SOLICITUD	CENTRO DE COSTOS/ CUENTA DE MAYOR	DEPARTAMENTO	FECHA DE ENTREGA	
20-Nov-06	Orden Interna 610699	Ingeniería	27-Nov-06	

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	OBSERVACION
10	RNN41G11BDR Relé 24 VDC/5 Amp.	14	pza	Telemecanique
20	RN27GB Base para Relé 14 pines	14	pza	Telemecanique
30	LC1D09M7 Contactador LC1D09	5	pza	Telemecanique
40	6ED10521CC000BA4 LOGO!24,24V/24V/24V TRANS UNITS	1	pza	Siemens
50	6ED10573BA000BA3 LOGO!2/24RC STARTER KIT	1	pza	Siemens
60	6ED10551CB100BAD LOGO! DM16 24	2	pza	Siemens
70	6ED10501AA000DE5 LOGO! MANUAL--SPANISH	1	pza	Siemens
80				
90				
100				
110				
120				
130				

# de folios de orden de trabajo Observaciones:	
¿Este folio ocupa otra requisición?	
SI	NO

USO:	PLC's requeridas para habilitar el banco de resistencias del laboratorio de ingeniería
------	--

SOLICITA:	AUTORIZA:	COMPRADOR:
Gerardo Lopez	Lucia Quiroz	Jorge Antonio Macias

Fig. 2.3.5 Solicitud de compra

Ya determinado sólo se tiene que programar el funcionamiento del PLC, de acuerdo a las necesidades, a través del programa LOGO! Soft Control V 5.

Un ejemplo de programa es el siguiente: un contador de 13 bits (ver fig. 2.3.6) para poder activar cada uno de los contactores y verificar que se activen adecuadamente cada uno de ellos.

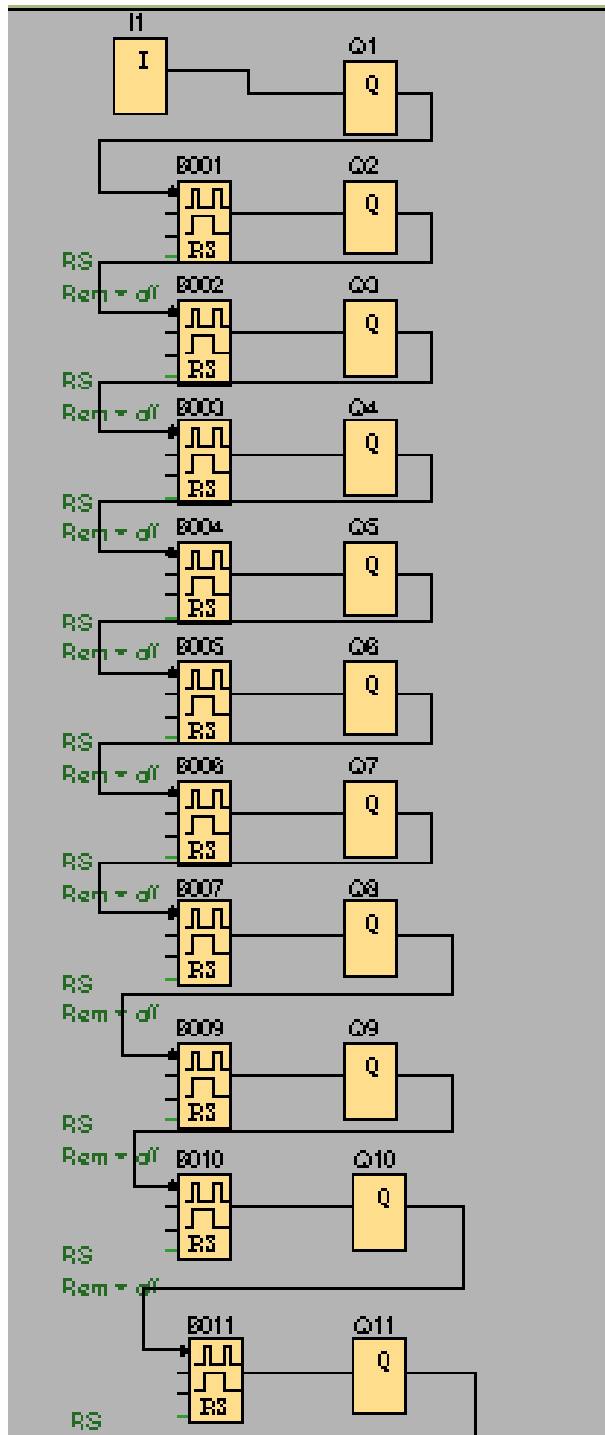


Fig. 2.3.6 Diagrama a Bloques

Se diseñará un panel de control para la interacción hombre máquina. Además se pretende hacer lo siguiente.

- Panel de control para programar los tiempo de encendido y apagado, así como la carga necesaria para un cierto consumo de corriente.
- Fuente de alimentación para las máquinas de 220 Va.c. y 440 Va.c. para que se auto compense cuando se caiga el voltaje de alimentación.
- Displays para mostrar el consumo de corriente.

Las pruebas que se llevan a cabo con el banco de resistencias es conectar la máquina, colocar una configuración de cargas para poder obtener la corriente necesaria de la máquina (ver fig. 2.3.7) con ciclos de trabajo sobre 10 minutos.

Por ejemplo: un ciclo de trabajo del 10%, es 1 minuto encendido proporcionando corriente a la carga y 9 minutos apagado. Al 20% 2 minutos encendido y 8 apagado y así hasta llegar al 100%. Como se menciona antes, en el panel de control se programara la carga y el ciclo de trabajo, para que se haga de forma automática y obtener datos de temperatura y corriente.

La conexión de la carga simula el momento en que se está soldando. Un diagrama que asemeje esta prueba es la siguiente:

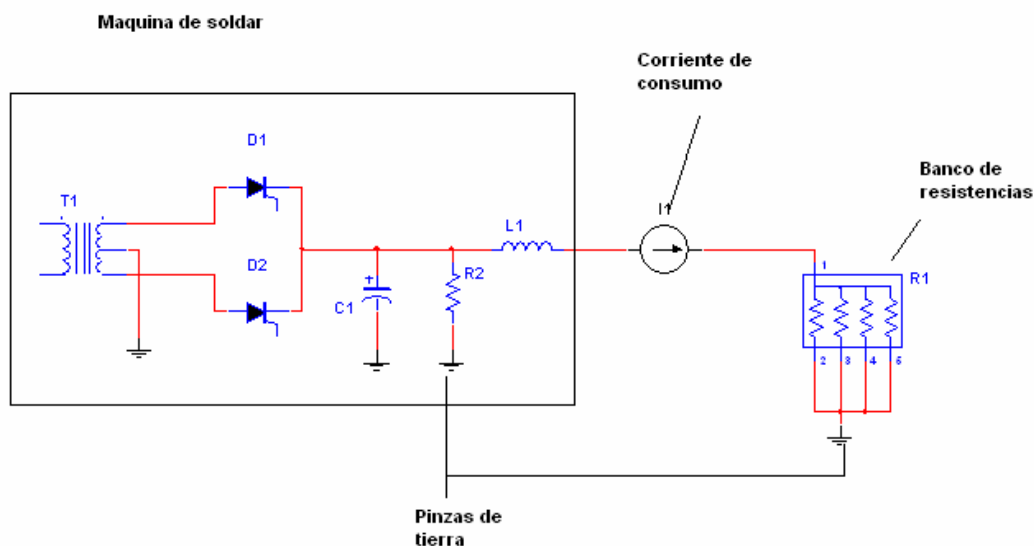


Fig. 2.3.7 Diagrama de conexión para prueba de consumo de corriente.

2.4. Prueba de control de válvula y motor de alimentación.

Otra actividad en la cual participé es la cooperación con servicio técnico, en la revisión de tarjetas de control de las máquinas de soldar. Una de las actividades de servicio técnico, es la reparación, mantenimiento o envío de refacciones para máquinas Lincoln.

Servicio técnico recibió una petición de repuesto de la tarjeta de control para una máquina Micromatic. Se envió el repuesto sin embargo el cliente reportó que el repuesto no funcionaba y mandó la máquina a revisión con Servicio Técnico para saber por que.

Dentro de las actividades que se realizaron para determinar la causa de la falla fue la siguiente.

2.4.1. Reporte de Prueba.

Causa

La tarjeta muestra una falla en la resistencia que va hacia la base del transistor de potencia TIP. La resistencia está quemada.

Objetivo

Probar la tarjeta montada en máquina para observar la falla, así como las causas y en qué parte del circuito ocurre.

Posibles causas

- Mal funcionamiento de los componentes.
- Mal conexión de la tarjeta.
- Mal funcionamiento de los periféricos.
- Corto circuito.

Procedimiento

- Se realizó una comparación entre las dos tarjetas (ver fig. 2.4.1) para encontrar diferencias entre ellas debido a que pudo ser alterada.
- Se revisó cada uno de los componentes de las tarjetas para ver si había algún cambio de valor.
- Se analizó si la configuración y conexiones eran las mismas y correctas en las dos tarjetas.



Fig. 2.4.1 Comparación de Tarjetas, de producción es la de color verde y repuesto de color blanco.

- Después de la comparación sólo se encontró una diferencia no significativa para el funcionamiento de la tarjeta en algunos valores de resistencia en la parte de potencia del circuito. Por lo tanto, se procedió a reemplazar los componentes de resistencia (ver fig. 2.4.2).

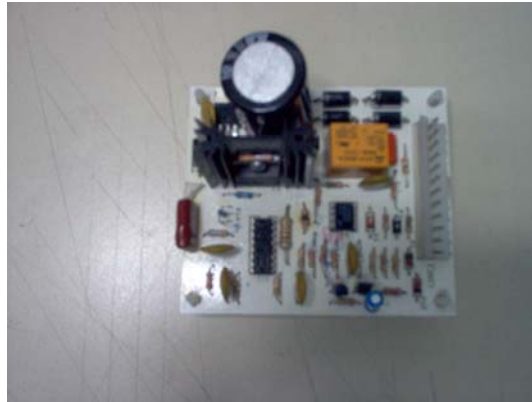


Fig. 2.4.2 Tarjeta de repuesto

Después de reemplazar las resistencias se probó la máquina (ver fig. 2.4.3). El resultado fue que activa la válvula de gas pero no respondía en la parte del alimentador de alambre MIG. Con un osciloscopio se vio que si hay señal de PWM.

Con el resultado anterior, la falla no se encontraba en las resistencias (aunque una de ellas se había encontrado quemada en la tarjeta de refacción como en la de producción) y que microcontrolador se encontraba bien. Por lo tanto se cambió el transistor de potencia TIP que manda la corriente necesaria al motor de c.d. del alimentador de alambre MIG. El motor no respondió por que no recibía la corriente y voltaje necesarios para trabajar.

Al cambiar en TIP y probar nuevamente en máquina, el funcionamiento era el adecuado. Se activaba la válvula de gas y el motor al momento de oprimir el gatillo en la antorcha, y la variación de velocidad era la correcta.



Fig. 2.4.3 Repuesto montado en máquina

- Después de que se corrigió la falla de las tarjetas y ver su funcionamiento correcto, se buscó la causa de la falla que presentó la tarjeta.
- Se puso a trabajar la máquina al máximo de su capacidad en voltaje de soldadora, otorgando la máxima corriente y la velocidad máxima de alimentación de alambre en un ciclo de trabajo de 100% para poder observar si en algún momento, la corriente que pasa en la tarjeta y especialmente en la etapa de potencia, era mucho mayor a la contemplada en el diseño.
- La corriente que pasaba por la etapa de potencia era la adecuada y no se disparaba en ningún momento para provocar alguna falla por exceso de corriente en algún componente.
- De acuerdo a las pruebas anteriores y el resultado de las mismas, se notó que la conexión de la tarjeta en el arnés, podía ser confusa para una persona no calificada, así que se conectó de manera inversa el arnés (ver fig. 2.4.4). Se puso a funcionar la máquina y se observó que no funcionaba y no era causa de algún corto circuito.

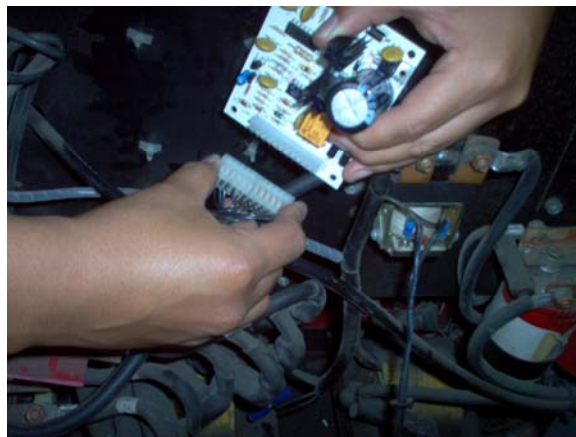


Fig.2.4.4 Conexión invertida del arnés

Al ver que no hubo ningún resultado se conectó correctamente (ver fig. 2.4.5). Se volvió a encender la máquina, para buscar otras causas. Sin embargo la máquina se comenzó a “trabar” en el alimentador y se produjo un corto en la resistencia de la base del TIP.

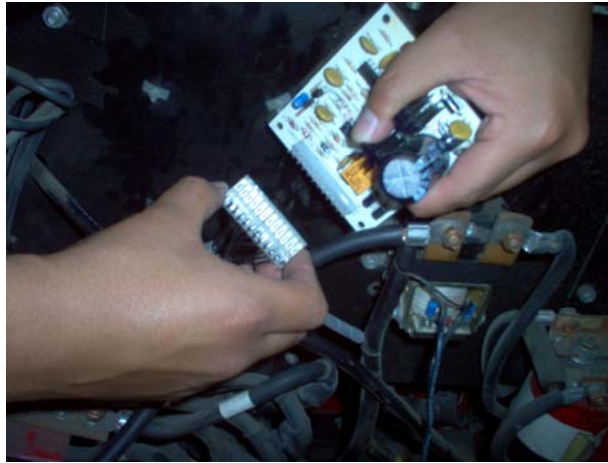


Fig.2.4.5 Conexión correcta del arnés

Conclusiones

La falla que presentó la tarjeta en la resistencia de la base del TIP, fue provocada por la conexión errónea de la tarjeta al arnés de la máquina. Al conectarla en sentido inverso la máquina no funcionaba y al conectarla correctamente, la máquina funciona pero se empieza a “trabar” el alimentador de alambre MIG y se quema la resistencia.

Para poder evitar este problema se tuvo una reunión con Servicio Técnico para mostrar los resultados de las pruebas así como la causa de la falla. Se les dijo la forma correcta de conectar la tarjeta (ver fig. 2.4.6) y pudieran ellos crear su manual de cambio de tarjeta por refacciones.

2.4.2. Procedimiento para el correcto cambio de tarjeta MICROMATIC.

- Desconectar la tarjeta dañada después de des-energizar la máquina con ayuda de un desarmador plano.
- Colocar la nueva tarjeta en los soportes de tarjeta.
- Conectar el arnés teniendo extremo cuidado de que la parte con la muesca sea la que quedara de manera interna con el conector macho de la tarjeta y que la parte plana quede de manera externa.
- Conectar la máquina y probar.

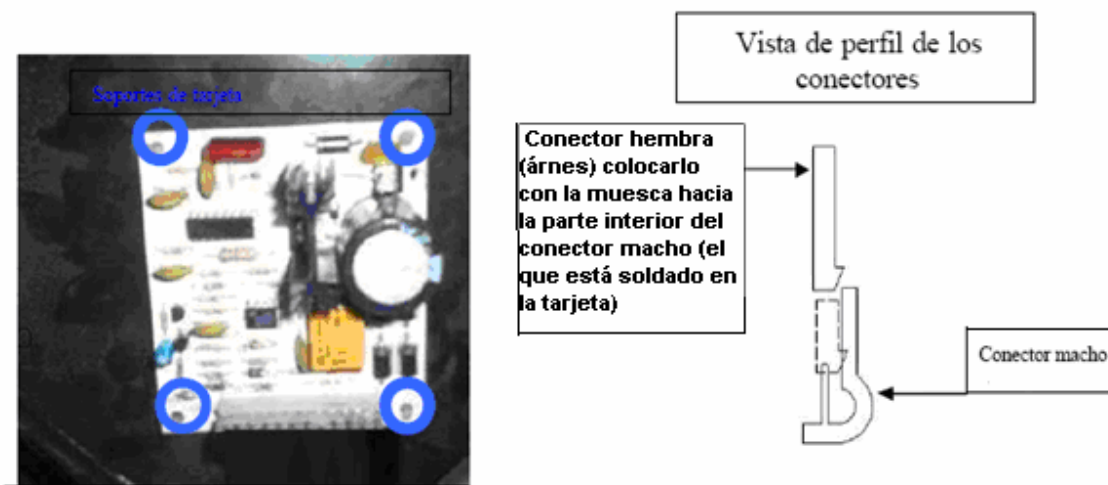


Fig. 2.4.6 Procedimiento el adecuado cambio de tarjeta

2.5. Proyecto Seis Sigma (Six Sigma)

Una actividad extra dentro de Lincoln Electric es la de formar parte de un equipo de Six Sigma para implementar una reducción de costos de fabricación en ciertos modelos de máquinas.

Las capacitaciones de tal metodología se llevan a cabo al mismo tiempo que se realiza el proyecto. Esta metodología contiene herramientas para poder atacar el verdadero problema que provoca un dolor de cabeza. La herramienta principal que se utilizará es el proceso DMAIC (Definir, Medir, Mejorar, Analizar, Controlar).

La primera capacitación que se tuvo es para poder ver la fase de Definir, para tener las herramientas necesarias para ver el problema y alcance que puede tener el proyecto, los involucrados, la voz del cliente, etc.

Primero se explica el concepto de **Six Sigma**.

Como **Métrica**: representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de producto y/o servicio.

Como **Filosofía de trabajo**: six sigma significa mejoramiento continuo de procesos y productos apoyado en la aplicación de la metodología la cual incluye principalmente el uso de herramientas estadísticas además de otras más de apoyo.

Como **Meta**: un proceso con nivel de calidad six sigma significa estadísticamente tener un nivel de "clase mundial" al no producir servicios o productos defectuosos.

Como **Estrategia de perfeccionamiento** de procesos para mejoramiento del negocio, enfatiza en la reducción de defectos a partes por millón, reducción de tiempos de ciclo de proceso y reducción de costos, a través de metas agresivas.

Después de definir el concepto de Six Sigma se verá en que consiste el proyecto en su fase de Definir.

- El proyecto consiste en la reducción del costo estándar de la máquina RX 330 mediante una reducción del 20% en los costos de materia prima de su componente más significativo: el transformador.
- El reducir costos de materia prima infiere básicamente el rediseño del transformador, conservando sus características y funcionalidad, mediante la metodología six sigma.

Red Belts: personas responsables de llevar a cabo proyectos específicos de mejora dentro de su área de trabajo y que no requieren un rigor estadístico y que pueden ser alcanzados dentro de su rol diario de trabajo.

- Verónica Estrella
- David Galicia
- Gerardo López

Black Belt: son personas con la orientación técnica y habilidades matemáticas. Desarrollan e implementan proyectos con la administración de cambio como agentes de cambio.

- Adrián González

2.5.1. Antecedentes

- Este proyecto surge de la estrategia de reducción de costos en la planta de máquinas (noviembre 2006), el cual busca bajar el costo estándar de cada máquina a un costo objetivo trazado por ventas basado en el mercado actual para cada producto.
- Una de las máquinas que presenta mayor diferencia entre ambos costos es la RX 330, además de que no se tiene contemplada alguna acción que logre alcanzar la reducción requerida y que se ha caracterizado por ser una máquina con buen posicionamiento en el mercado.

- Al desconocer el tipo de acciones que pueden tomarse para lograr el costo objetivo, se decidió adoptar six sigma como metodología para resolver el problema.
- En el CTT (Critical To Tree) se puede ver los números actuales de la RX 330 (ver fig. 2.5.1).

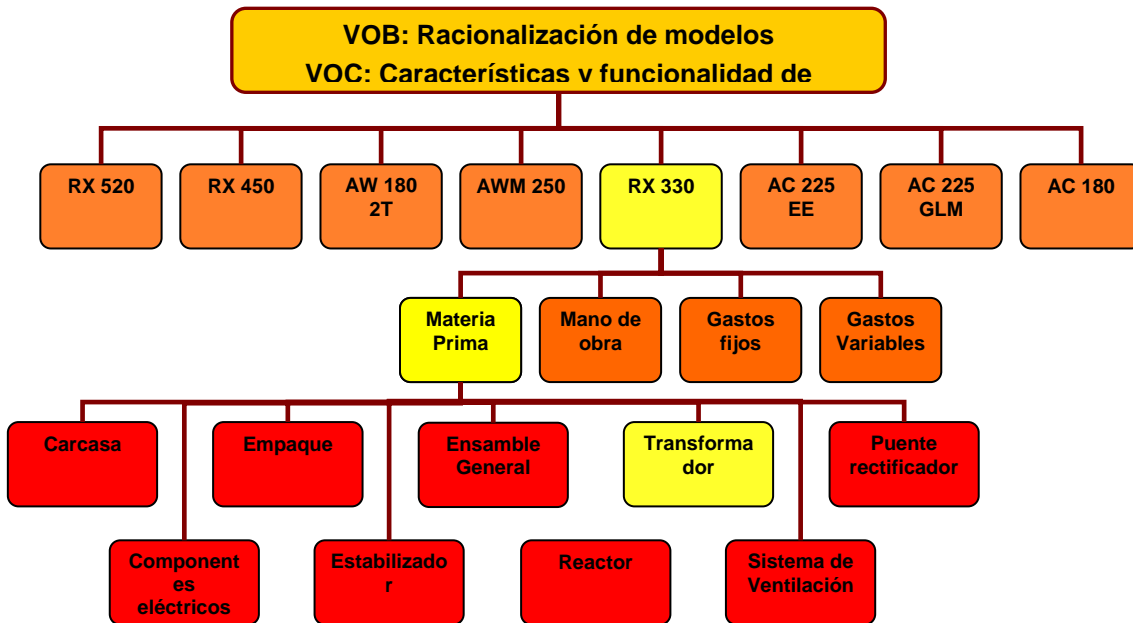


Fig. 2.5.1 CTT máquina RX330

- La definición de un proyecto debe contener: Problema, Objetivo, Alcance, Equipo, Beneficios estimados, Recursos requeridos, Programa de tiempos y actividades, Riesgos potenciales.
- Un proyecto debe ir alineado con la estrategia de la empresa y debe surgir de la voz del cliente y la voz del negocio (CTQ's Critical to Quality).
- Resulta útil delimitar el proyecto mediante el uso de herramientas sencillas, hacia el área que tiene mayor impacto sobre el problema para facilitar el desarrollo del mismo.

Las herramientas que se utilizaron para poder cumplir con la fase de Definir son las que continuación se muestran.

2.5.2. Termómetro de Selección de Proyecto.

El propósito es ayudar a la selección y planteamiento del proyecto, utilizando una serie de criterios o preguntas, codificando como Rojo (No se conoce), Amarillo (Se tiene noción), Verde (Se conoce) (ver fig. 2.5.2).

Termómetro de Validación de Selección de Proyectos		Estatus
Criterio de Selección de Proyectos		
10. Apoyo de la gerencia: Sponsor (Identificar a la persona, que estará removiendo obstáculos, asignando recursos y aprobando los Toll gate)	Ramon Campos, Roque Sanchez	Verde
9. Dueño del Proceso: (Identificar a la persona en el equipo quien tendrá la responsabilidad de decidir en el proceso)	Ramon Campos	Verde
8. Hay un métrico conocido: (Identificar el métrico que esta causando el dolor o un problema de algún proceso)	Costo de materia prima del transformador	Verde
7. Hay un Proceso: Inicio y Fin (Identifique el primero y ultimo paso del proceso, operación o maquina)	No es un proceso	Verde
6. Causa Raíz desconocida (Hay un proceso a ser mejorado y un problema a ser resuelto, Acciones preventivas son desconocidas, Usted podría tener sospechas sobre las causas raíz y las soluciones pero todavía está abierto o necesita considerar otras opciones)	Desconocida	Rojo
5. No es una solución en busca de un problema: (Hay un proceso a ser mejorado y un problema a ser resuelto)	Problema: Costo elevado de transformador RX 330	Verde
4. Soporte Identificado: (Identificar a la gente que proveerá estadística, metodología y métodos de soporte)	Adrián González	Verde
3. Complejidad (Baja, Moderada, Alta)	Alta	Verde
2. Beneficios potenciales (Identificar los ahorros calculados iniciales)	Reducción del 20%, \$540.18 / maquina	Verde
1. Soporte Financiero: Analista Financiero (Identificar al analista financiero quien validara los ahorros)	Jose Ibarra	Verde



Fig. 2.5.2 Termómetro de Validación de Selección de proyectos

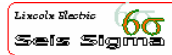
2.5.3. Alcance de Proyecto (ES/NO ES).

Permite tener una descripción completa y precisa del proyecto, haciendo preguntas en cuatro dimensiones (ver fig. 2.5.3):

- ¿Qué...? Identidad
- ¿Dónde...? Ubicación-Localización
- ¿Cuándo...? Aparición en el Tiempo
- ¿Cuánto...? Tamaño-Cantidad

ES: describe el proyecto en detalle en las cuatro dimensiones.

NO ES: delimita por comparación la descripción del ES. Ayuda a identificar áreas de replica.



ALCANCE DE PROYECTO (ES/NO ES)

	ES	NO ES
QUE	Reduccion de costos de materias primas	Reducción de costos de fabricación o logística
QUIEN	Maquina RX 330	Otras máquinas
CUANDO	De febrero a Julio del 2007	Fecha posterior
COMO	Metodología Seis Sigma	Otras herramientas
DONDE	LEM, división máquinas, area de diseño	Otras areas
QUE TAN FRECUENTE	20% de reducción de costo	Porcentaje menor

Fig. 2.5.3 Alcance de Proyecto (ES/NO ES)

2.5.4. SMART Criteria.

Es una herramienta la cual permite especificar el proyecto, los métricos, los alcances, la relevancia que tendrá y por ultimo la fecha requerida o comprometida (ver fig. 2.5.4).



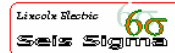
SMART Criteria

SMART Criteria	S (Específico) <i>(Crear declaración de la posición ES del formato ES/NO ES)</i>	Disminuir el costo de la materia prima empleada en el transformador de la máquina RX 330 en un 20% empleando la metodología 6 sigma en el periodo comprendido entre febrero y julio del presente año	
	M (Medible) <i>(Documentar el rendimiento histórico en su Como-es y sus metas en el estado deseado)</i>	\$2,701.66	\$2,161.33
	A (Alcanzable) <i>(Validar duración del proyecto y fecha final con un gantt)</i>		Febrero - Julio 2007
	R (Relevante) <i>(¿Su proyecto soporta alguna estrategia del ES/SC?)</i>	Proyecto de racionalización y reducción de costo estandar de maquinas producidas en LEM	
	T (Limite de Tiempo) <i>(Fecha final requerida o comprometida)</i>		Ago-07
<i>Usar todo el SMART Criteria para crear las metas exitosas de la mision del proyecto (Declaración del estado deseado)</i>			
Metas exitosas de la Mision del Proyecto			
Reducción de costo de materias primas de transformador RX 330. Mantener las características de funcionalidad y rendimiento del transformador			

Fig. 2.5.4 SMART Criteria

2.5.5. RACI y Plan de Comunicación.

- Identifica el tópico, audiencia y propósito (ver fig. 2.5.5 y fig. 2.5.6).
- Equipo ejecutivo, patrocinadores, administración.
- Áreas funcionales (ingeniería, financiero, legal, seguridad, RH).
- Proveedores, propietarios de proceso y clientes.



PLAN DE COMUNICACIÓN

Tema	Audiencia	Propósito	Dueño	Media	Frecuencia
Revision de Toll Gate	Sponsor, Mentor, Analista financiero	Status del Proyecto, recursos, riesgos e impedimentos	Verónica, David, Gerardo	Presentación PowerPoint	Cada fase concluida
Juntas de Equipo	Core team	Revision general del proyecto y determinacion de actividades futuras y responsables	Adrián	Presentación PowerPoint	Quincenal

Fig. 2.5.5 Plan de comunicación

RACI

FUNCIÓN	DUEÑOS DEL PROCESO						EQUIPO					
	Champion 6σ	Sponsor	Dueño del proceso	Black Belt	Red Belt	Finanzas	Aseguramiento de Calidad	Recursos Humanos	Proveedores	Clientes	Yellow Belt	Otro
	Joaquín Guerra	Ramón Campos Roque Saiztez	Ramón Campos	Adrián González	María José Estrella David Galindo Gerardo López	José Ibarra	Pedriate		Doñaji Morales	Guillermo Ortiz	Alejandro Ojeda	
Identificar	I	A	I	C	R	I	I			C		
Definir	I	A	C	C	R	R	C		I	C	C	
Medir	I	I	I	A	R	C	R			R	R	
Analizar	I	I	I	A	R	I	C		I	C	I	
Mejorar	I	I	A	C	R	C	R		C	R	R	
Controlar	I	I	A	C	R	R	R		I	R	R	

Fig. 2.5.6 RACI

Responsible-Responsable de hacerlo

- Responsable de acción/ implementación- el que “lo lleva a cabo”.
- El grado de responsabilidad es definido por el responsable final.

Accountable-responsable final

- En última instancia responsable.
- Poder de decisión si/ no y de veto.
- Solo una A asignada a cada tarea.

Consulted-Consultado

- Consultado antes de una decisión definitiva o acción.

Informed-Informado

- Informado después de una decisión o acción es tomada.

3. Conclusión.

Dentro de mis actividades en Lincoln Electric pude ver que los conocimientos adquiridos durante el estudio de la licenciatura, en la FES Cuautitlan Campo 4, los pude aplicar en el trabajo del Área de Ingeniería para el desarrollo de nuevos diseños electrónicos.

El desarrollo de las nuevas máquinas de soldar involucra varias áreas de conocimiento para el diseño electrónico de control de las máquinas. Pude aplicar lo visto en Amplificación de señales y Dispositivos Electrónicos en la etapas de potencia de la tarjeta de control, en el manejo del motor alimentador de alambre, como en la activación de los SCR's usando amplificadores con transistores.

El diseño de circuitos de comparación con Amplificadores Operacionales, vistos en las materias de Electrónica Analógica y Laboratorio de Electrónica. Estos conocimientos adquiridos en estas materias fueron comúnmente aplicadas en la tarjeta de control para la máquina AWM260.

También en la programación de microcontroladores, el cual era el cerebro de la tarjeta de control, la programación de éstos es lo más importante. Una de las materias de más ayuda en este caso fue la de Temas Selectos de Sistemas Digitales. Se ve todo lo relacionado con los microcontroladores, especialmente con los microcontroladores PIC. Estos fueron los que más use en el trabajo y los ejercicios en clase me dieron esa visión para poder aplicarlos en el diseño del software de control.

Para poder entender el principio de la máquina de soldar desde el transformador, el banco de capacitores, el estabilizador y la creación del arco eléctrico, fue mucho más fácil de entender con los conocimientos de la materia de Motores y Transformadores, aunque en el trabajo no era el área en la que directamente tenía que participar. Sin embargo, el sistema de control involucra todo esto: relación de transformador, tipo de transformador, pruebas de temperatura, así como pérdidas.

Para poder diseñar el control del banco de resistencias, utilizando un PLC de acuerdo al lenguaje de programación que utilizan estos equipos, el Diseño Lógico

fue una gran ayuda en esta actividad, ya que los PLC se basan en sistemas digitales, compuertas, contadores, timer, etc.

En las actividades realizadas en Lincoln Electric, puedo ver que mi crecimiento profesional se encuentra en plenitud, teniendo de mí parte todas las herramientas otorgadas durante el estudio de mi carrera. Este crecimiento se puede ver con la interacción con otras áreas de aplicación de la empresa, como ventas, mercadotecnia, servicio técnico, el cliente, etc., que están relacionados con el desarrollo de manera directa o indirecta de un nuevo producto.

REFERENCIAS.

- Lincoln Electric Mexicana S.A. de C.V., Departamento de Ingeniería proyectos: AWM 250 y AWM 260.
- Curso de Inducción Lincoln Electric Mexicana S.A. de C.V.
- Curso de capacitación Red Belt (Six Sigma) de Lincoln Electric Mexicana S.A. de C.V.