
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Automática y Sistemas
Computacionales



TRABAJO DE DIPLOMA

*“Ingeniería inversa a la máquina de soldar
carriles MCP-6301A TB3”*

Autor: Lester Alberto Pérez Pérez
Tutores: Ing. Gilberto Eduardo Rodríguez Morales
Ing. Samy Brito Barroso

Santa Clara

2015

"Año 57 de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Automática y Sistemas
Computacionales



TRABAJO DE DIPLOMA

*“Ingeniería inversa a la máquina de soldar
carriles MCP-6301A TB3”*

Autor: Lester Alberto Pérez Pérez.

e-mail: lesteralbertop@uclv.edu.cu

Tutores: Ing. Gilberto Eduardo Rodríguez Morales.

Ing. Samy Brito Barroso.

e-mail: samyb@uclv.edu.cu

Santa Clara

2015

"Año 57 de la Revolución"



Hago constar que el presente proyecto de trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de
Departamento donde se
defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

“Tenemos que producir no solamente más, sino mejor,

Mejor en calidad,

Durabilidad y uso efectivo del producto.”

Che

DEDICATORIA

- A mi mamá, mi abuela, Anita y mi tía por el amor, la dedicación y el apoyo que me dieron en todo momento.
- A mis hermanos y demás familiares.
- A mis amigos de la infancia, los del cuarto y los del aula.

AGRADECIMIENTOS

- Ante todo le doy gracias a Dios por estar siempre a mi lado tanto en los buenos como en los malos momentos.
- A mi mamá, mi abuela y Anita por ayudarme en todo lo que estaba a su alcance.
- A mis tutores Gilberto Eduardo Rodríguez Morales y Samy Brito Barroso.
- A dos trabajadores de mantenimiento de la Empresa Constructora de Vías Férreas, Julio René Castillo Valencia y Andy García Vázquez.
- A los demás trabajadores de la ECVF.
- A todos mis profesores por haberme guiado durante estos años.

RESUMEN

El objetivo general de este trabajo es aplicar ingeniería inversa al sistema automatizado de la máquina de soldar carriles MCP-6301A TB3, perteneciente a la ECVF ubicada en Placetas, con el fin de conocer detalles de su diseño, construcción y operación.

Como resultado se proponen un conjunto de medidas o alternativas contra averías, pues la máquina ha vencido su garantía y ante la ocurrencia de cualquier rotura, su solución se convierte en un problema complejo que reduce cerca de un 50% la producción total de la empresa. Para ello se profundiza en el estudio del autómatas S7-300, el cual gobierna el funcionamiento de la máquina; del panel de mando y de la computadora industrial. Se analizan las señales de E/S y el programa implementado en el PLC para poder determinar la secuencia de pasos que se ejecutan durante el funcionamiento en modo automático de la máquina.

Este proyecto es de gran importancia, pues los conocimientos que se brindan sirven de base para la implementación de sistemas automatizados de similares prestaciones en el territorio nacional, con el propósito de ir eliminando la dependencia de servicios extranjeros, los cuales son altamente costosos.

GLOSARIO DE SIGLAS

Siglas	Significados
ECVF	Empresa Constructora de Vías Férreas
E/S	Entrada/Salida
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> (Controlador Lógico Programable)
PC	<i>Personal Computer</i> (Computadora Personal)
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> (Control Supervisorio y Adquisición de Datos)
TRIAC	Triodo para Corriente Alterna
PID	<i>Proportional Integrative Derivative</i> (Proporcional Integral Derivativo)
A/D	Analógico/Digital
D/A	Digital/Analógico
CPU	<i>Central Process Unit</i> (Unidad Central de Proceso)
RAM	<i>Random Access Memory</i> (Memoria de Acceso Aleatorio)
HMI	<i>Human Machine Interface</i> (Interfaz Hombre-Máquina)
SCD	<i>Distributed Control Systems</i> (Sistemas de Control Distribuido)
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i> (Unidad Terminal Remota)
dpi	<i>Dots Per Inch</i> (Puntos por Pulgada)
DDR	<i>Double Data Rate</i> (Doble Tasa de Transferencia de Datos)
PCI	<i>Peripheral Component Interconnect</i> (Interconexión de Componentes Periféricos)
IDE	<i>Integrated Device Electronics</i> (Dispositivos Electrónicos Integrados)
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Bus Universal en Serie)
PS/2	<i>Personal System/2</i> (Sistema Personal/2)
VGA	<i>Video Graphics Adapter</i> (Adaptador Gráfico de Video)
MPI	Interfaz Multipunto
DC	Corriente Directa
AC	Corriente Alterna
MMC	<i>Micro Memory Card</i>
PtP	<i>Point to Point</i> (Punto a Punto)
CM	Columna Móvil
CI	Columna Inmóvil
OSI	<i>Open System Interconnection</i> (Interconexión de Sistemas Abiertos)
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emisor de Luz)
PPI	<i>Parallel Peripheral Interface</i> (Interfaz Periférica Paralela)
RxD	Resección de Datos
TxD	Trasmisión de Datos
CT	Costo Total
CD	Costo Directo
CI	Costo Indirecto
MD	Materiales Directos
OG	Otros Gastos
MN	Moneda nacional

TABLA DE CONTENIDO

PENSAMIENTO	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
GLOSARIO DE SIGLAS.....	V
TABLA DE CONTENIDO	VI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
1.1 Estado actual de la Empresa Constructora de Vías Férreas	6
1.2 Soldadura.....	7
1.2.1 Evolución	8
1.2.2 Tipos de soldadura	9
1.2.3 Máquinas de soldar	11
1.3 Ingeniería inversa	12
1.3.1 Objetivos de la ingeniería inversa	13
1.3.2 Beneficios de la ingeniería inversa	13
1.4 Controladores Lógicos Programables.....	14
1.4.1 Características principales.....	14
1.4.2 Campos de aplicación	15
1.4.3 Ventajas y desventajas.....	15
1.4.4 Estructuras.....	16
1.4.5 Programación	18
1.5 Computadoras industriales	19
1.5.1 Dispositivos Interfaz Hombre-Máquina	20
1.6 Los Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos	20
1.6.1 Elementos que conforman un SCADA.....	21
1.6.2 Principales funciones de los sistemas SCADA	21
1.6.3 Ventajas y Desventajas de los sistemas SCADA	21
1.7 Consideraciones finales del capítulo 1.....	22

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA	23
2.1 Máquina de soldar carriles MCP- 6301A TB3	23
2.1.1 Principio de funcionamiento.....	23
2.1.1.1 Soldadura de contacto.....	23
2.1.1.1.1 Soldadura a tope	24
2.1.2 Características generales	24
2.1.3 Generalidades de su funcionamiento	26
2.1.4 Posiciones de partida de los mecanismos antes del cargamento de los carriles	28
2.1.5 Ciclo de soldadura de los carriles	29
2.1.6 Sistema hidráulico	29
2.1.7 Preparación de la máquina para el régimen de trabajo	30
2.2 Especificaciones de la tecnología instalada.....	30
2.2.1 La computadora industrial, “SIMATIC Panel PC 577”	30
2.2.2 El autómatas programable S7-300	31
2.2.3 Medición y transformación de tensiones y corrientes	34
2.3 <i>Software</i> utilizado.....	35
2.3.1 STEP 7 Micro/Win V5.3	35
2.3.2 WinCC	36
2.3.2.1 Análisis del SCADA implementado.....	37
2.4 Comunicación	41
2.4.1 Comunicación entre la computadora industrial y el autómatas S7-300	41
2.4.1.1 Características de PROFIBUS.	42
2.4.2 Interconexión entre una PC y el autómatas	42
2.5 Consideraciones finales del capítulo 2.....	43
CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA INGENIERÍA INVERSA	44
3.1 Mapa de direcciones de las señales de E/S del PLC.....	44
3.2 Análisis del programa	44
3.3 Diagrama de flujo de la máquina	45
3.4 Esquema de control	45
3.5 Lista de las posibles averías de la máquina.....	45

3.6 Valoración económica.....	45
3.6.1 Relación costo beneficio.....	48
3.7 Instrucciones de medidas de seguridad.....	49
3.8 Instrucciones para el mantenimiento de la máquina.....	49
3.9 Impacto medioambiental de la máquina de soldar.....	50
3.10 Consideraciones finales del capítulo 3.....	51
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
Anexos.....	57
Anexo I Componentes de la máquina de soldar carriles MCP 6301A TB3.....	57
Anexo II Posiciones de los cilindros hidráulicos, los captadores de presencia y las electroválvulas en la máquina de soldar carriles MCP 6301A TB3.....	58
Anexo III Destinación de los mecanismos de mando, indicación, aparatos ejecutivos, captadores y electroválvulas.....	60
Anexo IV Estructura, composición y funcionamiento del sistema hidráulico.....	66
Anexo V Características de los módulos de expansión del PLC.....	70
Anexo VI Algunas ventanas del SCADA.....	73
Anexo VII SIEMENS USB/PPI Multi-Master Cable.....	75
Anexo VIII Tabla de direcciones de las señales de E/S del PLC S7-300.....	76
Anexo IX Panel de mando de la máquina de soldar carriles MCP 6301A TB3.....	83
Anexo X Diagrama de flujo de la máquina.....	84
Anexo XI Esquema general de control.....	86
Anexo XII Esquemas de conexiones eléctricas del PLC S7-300.....	87
Anexo XIII Lista de las posibles averías de la máquina.....	94

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La necesidad del hombre por hacer numerosas construcciones a pequeña, mediana y gran escala, mediante la utilización de piezas de metal, lo llevó a creación de las máquinas de soldar. Hasta su invención, los únicos métodos que se utilizaban en su lugar eran los de aleación y forja.

El creciente desarrollo alcanzado por la humanidad en el sector industrial propicia la constante evolución de las técnicas y del equipamiento tecnológico involucrado en sus procesos. Debido a ello los procesos de soldadura son cada vez más exigentes, lo cual trae consigo la automatización de este sector, proporcionando múltiples ventajas tales como: alta calidad, capacidad y por supuesto mayor productividad.

En la mayoría de los casos en los cuales las máquinas de soldar constituyen procesos automatizados, sus funcionamientos están gobernados por PLCs, debido a la gran cantidad de señales de E/S que utilizan, y los paneles de mando se encuentran ubicados sobre PC industriales, pues en las industrias es muy usual encontrarse con ambientes hostiles que contienen gran cantidad de polvo, grasa, líquidos, ruidos y vibraciones. Por ello las PC industriales y los PLC se han convertido en equipos indispensables en las modernas plantas de soldadura.

En nuestro país la soldadura es ampliamente utilizada en el sector ferroviario, la ECVF "Comandante Tony Santiago" fundada el 3 de febrero de 1985 lo evidencia. Esta entidad centra su principal actividad en incrementar la vida útil de las vías férreas, por lo que cuenta con un personal de vasta experiencia, capacitado y calificado. Posee (Prieto, 2012) domicilio legal en Cumbre, municipio Placetas, provincia Villa Clara, y está perfectamente comunicada por carretera con todas las regiones del país. Está situada a 5km de la Carretera Central, 12km del Autopista Nacional y 1km de la línea central del ferrocarril y conectada a la misma mediante el ramal de Trinidad a través de un enlace de 0,170km.

INTRODUCCIÓN

La ECVF cuenta con más de 20 años de experiencia en el mantenimiento de vías férreas, recuperación y soldadura de carriles a longitudes deseadas por los clientes. Cuenta con tecnología de avanzada y soluciones novedosas. Está capacitada para recuperar carriles de cualquier perfil, elementos para el cambio de vía, producir estructuras metálicas para cualquier propósito, realizar la construcción, reconstrucción, reparación y mantenimiento de vías férreas de todo tipo y brindar el servicio de inspección ultrasónica y el diagnóstico de vías férreas y monorraíles.

Esta empresa se encarga de realizar los ultrasonidos a todos los viales existentes en la isla, a fin de detectar desperfectos que pueden poner en peligro la circulación, a través de la soldadura eléctrica o luminotérmica; o en caso de ser necesario, del traslado del rail a la planta para corregir cualquier deterioro. Cuentan con siete brigadas, de las cuales cuatro laboran directamente en la vía, dos se encargan de los diagnósticos y otra realiza las soldaduras, además de los técnicos y obreros que trabajan en la fábrica, más un grupo encomendado al acople de los carriles a las traviesas de hormigón.

Ante la carencia de raíles, los cuales hay que importar desde países muy distantes, limitando la capacidad de la industria, esta no se ha detenido. En estos casos se trabaja con los recuperados en empresas azucareras y otros lugares donde ya no tienen uso. Esta empresa, en estos momentos, se encuentra inmersa en la instalación de las líneas de ferrocarril en el Mariel.

La máquina de soldar carriles MCP-6301A TB3, perteneciente a la ECVF, es la encargada de llevar a cabo el proceso de soldadura de rieles. Los rieles, carriles, raíles o trillos son las barras metálicas sobre las cuales se desplazan las ruedas de los trenes y tranvías. Esta máquina de soldar es de fabricación rusa con tecnología alemana y suelda con corriente los rieles de forma continua y automática sin la intervención directa de los obreros.

Esta máquina cuenta con las siguientes problemáticas:

- ✓ Ha vencido su garantía.

INTRODUCCIÓN

- ✓ La ocurrencia de cualquier rotura se convierte en un problema complejo que reduce cerca de un 50% la producción total de la fábrica.
- ✓ No se posee documentación técnica de la misma.
- ✓ Se desconocen las señales de E/S al PLC.
- ✓ Las pocas indicaciones que posee al igual que la escasa documentación están en idioma ruso o son pésimas traducciones de este al español.
- ✓ Los servicios de asistencia técnica contratados en el extranjero son altamente costosos y, ante casos de roturas, requieren de gestiones que pueden demorar un tiempo prudencial.

Este trabajo se sustenta en la necesidad de la independencia tecnológica, la cual implica buscar soluciones propias que permitan ahorrar cuantiosos recursos por concepto de pago de servicios técnicos a especialistas extranjeros. Es por ello que nos proponemos el siguiente objetivo general:

- ✓ Aplicar ingeniería inversa a la máquina de soldar carriles MCP-6301A TB3 con el fin de conocer detalles de su diseño, construcción y operación.

Para el cumplimiento del objetivo general nos planteamos los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Analizar la información concerniente a la máquina de soldar carriles MCP-6301A TB3.
- ✓ Analizar la documentación existente acerca de las computadoras industriales y caracterizar el SIMATIC Panel PC 577.
- ✓ Caracterizar los controladores lógicos programables y en especial el S7-300.
- ✓ Identificar las señales de E/S al PLC.
- ✓ Extraer el programa del PLC.
- ✓ Identificar las fallas ocasionadas en la máquina.
- ✓ Proponer un conjunto de medidas o alternativas de solución ante la ocurrencia de cualquier rotura.

INTRODUCCIÓN

La definición de estos objetivos nos lleva a formular las siguientes interrogantes científicas:

- ✓ ¿Cómo aplicarle ingeniería inversa a la máquina de soldar?
- ✓ ¿Cómo es el funcionamiento de la máquina?
- ✓ ¿Cómo identificar las señales de E/S al PLC?
- ✓ ¿Cómo extraer el programa implementado en el PLC?
- ✓ ¿Cómo deducir el programa extraído, para detectar fallas ocurridas en la máquina y brindar a los operadores alternativas de solución?

Para dar solución de estas interrogantes y cumplir con los objetivos propuestos se definen las tareas de investigación siguientes:

- ✓ Revisión bibliográfica relacionada con el tema de investigación, en especial lo concerniente a la máquina y al PLC S7-300.
- ✓ Estudio del proceso productivo y las características de la tecnología instalada.
- ✓ Realización de un mapa con todas las señales de E/S al PLC.
- ✓ Extracción del programa implementado en el PLC.
- ✓ Detección de fallas.
- ✓ Propuestas de solución ante la ocurrencia de cualquier rotura de la máquina.

Con este trabajo se propone arribar a los siguientes resultados:

- ✓ Un mapa con las señales de E/S al PLC.
- ✓ Respaldo del programa del PLC.
- ✓ Un diagrama de flujo del funcionamiento de la máquina y un esquema general de control.
- ✓ Causas que conlleven a la detección de una falla imprevista que interrumpa el adecuado funcionamiento de la máquina.
- ✓ Un conjunto de medidas o alternativas que den solución a las mismas.
- ✓ Un documento técnico de la máquina de soldar.

INTRODUCCIÓN

Hipótesis:

El conocimiento del funcionamiento de la máquina de soldar carriles, del mapa de E/S al PLC y del programa implementado, propician la realización de ingeniería inversa a la máquina. Mediante esta, se logra una disminución de los costos de mantenimiento y reparación a la planta, pues los mismos pueden ser ejecutados por los técnicos pertenecientes a dicha empresa, ya que cuentan con los conocimientos y recursos para ello, sin la necesidad de tener que acudir a especialistas extranjeros. Todo el conocimiento adquirido puede ser utilizado como punto de partida para el montaje de plantas similares en el territorio nacional.

La estructura del trabajo se fundamenta en capítulos, divididos de la siguiente forma:

- ✓ Capítulo I: Revisión bibliográfica: se dedicará al estudio, de manera general, del estado de la entidad, la evolución y tipos de soldadura, las máquinas de soldar y sus componentes tecnológicos en conjunto con la aplicación SCADA.
- ✓ Capítulo II: Ingeniería inversa del sistema: se explicará el principio de funcionamiento de la máquina de soldar y se realizará un estudio del sistema automatizado, es decir, de la tecnología instalada.
- ✓ Capítulo III: Resultados de la ingeniería inversa: se presentarán los resultados del estudio realizado, es decir, el mapa de señales de E/S al PLC, el diagrama de flujo del funcionamiento de la máquina, un esquema general de control, las posibles soluciones ante averías y una valoración económica.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A todo sistema o proceso, que se desee automatizar exitosamente, se le debe realizar un estudio lo más detallado posible. Para ello es necesario contar con una base teórica que sustente las características y particularidades del objeto a automatizar, así como la elección de una u otra variante para el sistema de control automático.

En este capítulo se abordan aspectos relacionados con los procesos de ingeniería inversa y soldadura, el estado actual de la ECVF, y generalidades sobre las máquinas de soldar y los elementos tecnológicos utilizados en su automatización.

1.1 Estado actual de la Empresa Constructora de Vías Férreas

Los viejos aparatos de tecnología soviética que databan de los años ochenta van quedando atrás en la empresa Comandante Tony Santiago. Ahora modernas máquinas iluminan la planta y hacen más eficiente el proceso productivo.

Una nueva técnica de soldar rieles se pone en práctica mediante la utilización de la máquina de soldar MCP-6301A TB3. Esta compite entre las mejores del mundo y realiza sus principales funciones de manera automatizada, minimizando cualquier posibilidad de error humano. La soldadura, que antes duraba tres minutos, ahora se realiza en aproximadamente 70 segundos, y con una calidad superior. Tras programarse la computadora, quedan registrados todos los parámetros en cuanto a voltaje, presión y corriente de recargue, que es la magnitud con la cual un riel se introduce dentro del otro, y así lograr la unión por el método fusión-presión (Castro and Romero, 2008, Veitia, 2012).

Este es un proceso en el cual intervienen muchos obreros. Unos diagnostican el carril para ver el grado de desgaste, si tiene grietas profundas o si necesita ser pulido, entre otras anomalías, y otros trabajan en la soldadura, corte y barrenado.

Este nuevo método aplicado ayuda a disminuir importaciones, pues por cada soldadura realizada ahorra un par de mordazas con seis tornillos con tuercas y arandelas de

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

presión, elementos que cuestan divisas al país. Además, al alargar la vida útil a cientos de carriles, se economizan recursos.

La Empresa Villaclareña Industrial de Instalaciones Fijas, Traviesas, es quien le proporciona a la ECVF los abastecimientos imprescindibles. Ambas empresas están comprometidas con la reanimación del transporte ferroviario en Cuba, el que requiere de vías cada vez más seguras para un rápido movimiento de trenes, tanto de carga como de pasajeros. Ambas entidades deben estar acopladas para avanzar en este empeño (Veitía, 2012).

Sus aportes fueron decisivos el pasado año para la reparación capital de 40 kilómetros de líneas férreas en el país, así como el despliegue de acciones de mantenimiento a otros 6 mil, incluidos puentes de vital importancia económica.

1.2 Soldadura

La soldadura es el proceso de fabricación donde se realiza la unión de dos materiales, generalmente metales o termoplásticos, usualmente logrado a través de la coalescencia, fusión, en la cual las piezas son soldadas derritiendo ambas y agregando un material metálico de relleno derretido, el cual tiene punto de fusión menor al de la pieza a soldar, para conseguir un baño de material fundido que, al enfriarse, se convierte en una unión fuerte. A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, o por sí misma, para producir la soldadura (Cary and Scott, 2005).

Soldadura, en ingeniería, procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión, o una combinación de ambos, con o sin el aporte de otro metal, llamado metal de aportación, cuya temperatura de fusión es inferior a la de las piezas que se han de soldar (Ibarra, 2010).

La mayor parte de los procesos de soldadura se pueden separar en dos categorías: soldadura por presión, que se realiza sin la aportación de otro material mediante la aplicación de la presión suficiente y normalmente ayudada con calor, y soldadura por fusión, realizada mediante la aplicación de calor a las superficies, que se funden en la zona de contacto, con o sin aportación de otro metal. En cuanto a la utilización de metal

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

de aportación se distingue entre soldadura ordinaria y soldadura autógena. Esta última se realiza sin añadir ningún material. La soldadura ordinaria o de aleación se lleva a cabo añadiendo un metal de aportación que se funde y adhiere a las piezas base, por lo que realmente éstas no participan por fusión en la soldadura. Se distingue también entre soldadura blanda y soldadura dura, según sea la temperatura de fusión del metal de aportación empleado; la soldadura blanda utiliza metales de aportación cuyo punto de fusión es inferior a los 450°C, y la dura metales con temperaturas superiores (Ibarra, 2010).

La soldadura sustituyó al atornillado y al remachado en la construcción de muchas estructuras. El tipo de soldadura más adecuado para unir dos piezas de metal depende de las propiedades físicas de los metales, de la utilización a la que está destinada la pieza y de las instalaciones disponibles. Los procesos de soldadura se clasifican según las fuentes de presión y calor utilizadas.

La soldadura constituye uno de los recursos tecnológicos fundamentales en el mundo moderno. Hoy, prácticamente, no existe emprendimiento tecnológico alguno en el que las mismas no intervengan en una de sus etapas. Como proceso de unión, la soldadura se destaca por su versatilidad y economía (Marín, 2011).

1.2.1 Evolución

Los precedentes históricos datan de la edad de bronce y la edad de hierro en Europa y el Oriente Medio, donde los herreros repetidamente golpeaban y calentaban el metal hasta que ocurría la unión conocida como soldadura de fragua. En 1800, Sir *Humphry Davy* descubrió el arco eléctrico, y los avances en la soldadura por arco continuaron con las invenciones de los electrodos de metal por el ruso *Nikolai Slavyanov*, y el americano *C. L. Coffin*, sentando las bases para la soldadura tal y como se conoce hoy en día (Marín, 2011).

Durante las décadas finales del siglo XIX fue desarrollada la soldadura por resistencia y en la década de 1890 se estableció otro proceso, la soldadura a gas, esta hizo uso del

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

acetileno, descubierto en 1836 por *Edmund Davy*, conjuntamente con el soplete, desarrollado cerca de 1900 (Cary and Scott, 2005).

La Primera Guerra Mundial impulsó en gran medida el uso de los procesos de soldadura, con las diferentes fuerzas militares procurando determinar cuáles de los nuevos procesos de soldadura serían los mejores. Durante los años venideros importantes avances tuvieron lugar en la tecnología de la soldadura, incluyendo la introducción de la soldadura automática en 1920, en la que el alambre del electrodo era alimentado continuamente. A mediados del siglo XX, fueron inventados muchos métodos nuevos de soldadura como la soldadura de perno y la soldadura de arco sumergido en 1930, la soldadura de arco de gas tungsteno en 1941, en 1948 la soldadura por arco metálico con gas, durante los años 1950 la soldadura de arco metálico blindado y en 1957 debutó el proceso de soldadura por arco con núcleo fundente y la soldadura de arco de plasma. La soldadura por electroescoria fue introducida en 1958, y fue seguida en 1961 por la soldadura por electrogas (Cary and Scott, 2005).

Otro desarrollo en este campo resultó ser en 1958 la soldadura con rayo de electrones, haciendo posible la soldadura profunda y estrecha por medio de una fuente de calor concentrada. Siguiendo la invención del láser en 1960, la soldadura por rayo láser debutó varias décadas más tarde, y ha demostrado ser especialmente útil en la soldadura automatizada de alta velocidad. (Electric, 1994).

1.2.2 Tipos de soldadura

Entre los métodos o procedimientos más significativos de la soldadura se pueden citar los siguientes (Ibarra, 2010, IFES, 2009):

Soldadura por fusión: este tipo agrupa muchos procedimientos de soldadura en los que tiene lugar una fusión entre los metales a unir, con o sin la aportación de un metal, por lo general sin aplicar presión y a temperaturas superiores a las que se trabaja en las soldaduras ordinarias. Hay muchos procedimientos, entre los que se destacan la soldadura por gas, la soldadura por arco y la aluminotérmica. Otras más específicas

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

son la soldadura por haz de partículas, que se realiza en el vacío mediante un haz de electrones o de iones, y la soldadura por haz luminoso, que suele emplear un rayo láser como fuente de energía.

Soldadura por gas: la soldadura por gas o con soplete utiliza el calor de la combustión de un gas o una mezcla gaseosa, que se aplica a las superficies de las piezas y a la varilla de metal de aportación. Esta tiene la ventaja de ser portátil ya que no necesita conectarse a la corriente eléctrica. Según la mezcla gaseosa utilizada se distingue entre soldadura oxiacetilénica, oxígeno/acetileno, y oxihídrica, oxígeno/hidrógeno.

Soldadura por arco: los procedimientos de soldadura por arco son los más utilizados, sobre todo para soldar acero, y requieren el uso de corriente eléctrica. Esta corriente se utiliza para crear un arco eléctrico entre uno o varios electrodos aplicados a la pieza, lo que genera el calor suficiente para fundir el metal y crear la unión. La soldadura por arco tiene ciertas ventajas con respecto a otros métodos. Es más rápida debido a la alta concentración de calor que se genera y por lo tanto produce menos distorsión en la unión. Los procedimientos más importantes de soldadura por arco son con electrodo recubierto, con protección gaseosa y con fundente en polvo.

Soldadura aluminotérmica: el calor necesario para este tipo de soldadura se obtiene de la reacción química de una mezcla de óxido de hierro con partículas de aluminio muy finas. El metal líquido resultante constituye el metal de aportación. Se emplea para soldar roturas y cortes en piezas pesadas de hierro y acero, y es el método utilizado para soldar los raíles o rieles de los trenes.

Soldadura por presión: este método agrupa todos los procesos de soldadura en los que se aplica presión sin aportación de metales para realizar la unión. Algunos procedimientos coinciden con los de fusión, como la soldadura con gases por presión, donde se calientan las piezas con una llama, pero difieren en que la unión se hace por presión y sin añadir ningún metal. El proceso más utilizado es el de soldadura por resistencia; otros son la soldadura por fragua, la soldadura por fricción y otros métodos más recientes como la soldadura por ultrasonidos.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Soldadura por resistencia: este tipo de soldadura se realiza por el calentamiento que experimentan los metales debido a su resistencia al flujo de una corriente eléctrica. Los electrodos se aplican a los extremos de las piezas, se colocan juntas a presión y se hace pasar por ellas una corriente eléctrica intensa durante un instante. La zona de unión de las dos piezas, como es la que mayor resistencia eléctrica ofrece, se calienta y funde los metales.

Soldadura por puntos: es un método de soldadura por resistencia cuyo principio de funcionamiento es hacer circular una corriente eléctrica de gran intensidad a través de los metales que se van a unir. Como en la unión de los mismos la resistencia es mayor que en el resto de sus cuerpos, se generará el aumento de temperatura en la juntura, efecto Joule. Aprovechando esta energía y con un poco de presión se logra la unión.

1.2.3 Máquinas de soldar

Las máquinas eléctricas de soldadura (Tamborero, 1998) consisten en transformadores que permiten modificar la corriente de la red de distribución, en una corriente tanto alterna como continua de tensión más baja, ajustando la intensidad necesaria según las características del trabajo a efectuar.

Están formadas por el circuito de alimentación y el equipo propiamente dicho. Sirven para reducir la tensión de la red de 220 o 380V a la tensión de cebado entre 40 y 100V y de soldeo menor de 35V permitiendo regular la intensidad de la corriente de soldadura, asegurando el paso de la tensión de cebado a la de soldeo de forma rápida y automática. El circuito de alimentación está compuesto por un cable y clavija de conexión a la red y funcionando a la tensión de 220/380V según los casos e intensidad variable.

En función del tipo de corriente del circuito de soldeo el equipo consta de partes diferentes. En equipos de corriente alterna, transformador y convertidor de frecuencia; en equipos de corriente continua, rectificador y convertidor (Tamborero, 1998).

Los equipos eléctricos de soldar más importantes son los convertidores de corriente alterna-continua y corriente continua-continua, los transformadores de corriente alterna-corriente alterna, los rectificadores y los transformadores convertidores de frecuencia.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las máquinas de soldar pueden protegerse mediante dos sistemas, uno electromecánico que consiste en introducir una resistencia en el primario del transformador de soldadura, resistencia de absorción, para limitar la tensión en el secundario cuando está en vacío y otro electrónico que se basa en limitar la tensión de vacío del secundario del transformador introduciendo un TRIAC en el circuito primario del grupo de soldadura. En ambos casos se consigue una tensión de vacío del grupo de 24 V, considerada tensión de seguridad (Tamborero, 1998).

1.3 Ingeniería inversa

La ingeniería inversa (Torres, 2008, Alegsa, 2010) puede ser el inicio del proceso de rediseño de un producto, donde este es observado, desensamblado, analizado y documentado en términos de su funcionalidad, forma, principios físicos, manufacturabilidad y ensamblabilidad.

La ingeniería inversa (Ramos, 2013) estudia o analiza un producto disponible con el fin de conocer detalles de su diseño, construcción y operación. Se denomina así porque se parte de un producto terminado, el cual se analiza minuciosamente con el objetivo de encontrar el porqué de cada detalle de construcción y funcionamiento, opuesto a los procesos de ingeniería los cuales inician con unas necesidades o requerimientos y finalizan con un producto.

Aunque la ingeniería inversa es extensamente utilizada para propósitos de rediseño, puede también ser utilizada por otras razones, por ejemplo: *benchmarking*, evaluación y estudio crítico del producto de un competidor, mejoramiento de la calidad, reducción de costos, o simplemente para entender su funcionamiento.

Hacer ingeniería inversa con el propósito de *benchmarking* permite comparar un grupo de productos detalladamente; generalmente esta comparación es realizada de tal manera que estos puedan ser jerarquizados de acuerdo a un conjunto de criterios. A menudo la ingeniería inversa es utilizada para estudiar el producto de un competidor por razones diferentes al benchmarking, como por ejemplo para determinar si se ha violado alguna patente, o si se tiene interés en clonar o modificar un producto o su

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

aspecto para uso propio. Otro incentivo para realizar ingeniería inversa a un producto es la valoración de mejoras en la calidad o reducción de costos; estas evoluciones pueden ser: al nivel de subsistema, configuración, componente o perimétrico. Una última posible motivación para realizar un proceso de ingeniería inversa a un producto puede ser solo para entenderlo.

La ingeniería inversa (Torres, 2008) involucra el metódico desarme y ensamble de un dispositivo, en el cual se documentan, se evalúan y se reportan los resultados alcanzados en el proceso; un paso más allá se alcanza cuando a partir de estos resultados surgen propuestas de modificaciones o mejoras al dispositivo.

1.3.1 Objetivos de la ingeniería inversa

El objetivo primordial de la ingeniería inversa (Acevedo and Puma, 2007) es proporcionar una base para el mantenimiento y futuros desarrollos. Este objetivo general se puede traducir en los siguientes objetivos parciales:

- ✓ Facilitar la reutilización.
- ✓ Proporcionar documentación que no existe, o actualizar la existente.
- ✓ Migrar a otra plataforma, *hardware* o *software*, cuando sea necesario.

1.3.2 Beneficios de la ingeniería inversa

Entre los beneficios de la ingeniería inversa podemos citar (Acevedo and Puma, 2007, Atom, 2011):

- ✓ Disminución de los costos del mantenimiento, al reducir el tiempo dedicado a entender el *hardware* o *software* existente para, a su vez, entender el cambio que se desea realizar y para facilitar la solución del problema.
- ✓ Aportan una mayor ventaja competitiva, dado que al facilitar el mantenimiento, permite un mayor poder de reacción ante los cambios solicitados por los usuarios.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.4 Controladores Lógicos Programables

Los PLCs se utilizaron por primera vez en la industria en la década del 60 y surgieron como una alternativa para los sistemas de control basados en relés y contactores, ante la necesidad de eliminar el alto costo que se producía al reemplazar estos complejos sistemas, los cuales caracterizaban los procesos industriales hasta ese momento (Núñez, 2011, Burbano, 2009).

Un controlador lógico programable (Mateos, 2001, Calderón, 2009, Castillo and Villavicencio, 2009, Díaz and Hernández, 2010, Canto, 2006) es una microcomputadora de propósito específico, especialmente diseñado para el control industrial y la adquisición de datos. Donde se mezclan elementos de cómputo como: lenguajes de programación, interfaces hombre-máquina, unidades de memoria, y otros; y elementos de control como: regulación PID, procesamiento analógico, señalización, mando, temporización y conteo, entre otros; integrados en un mismo equipo, para cumplir las funciones de automatización de procesos en tiempo real con elevada fiabilidad y seguridad.

De forma general podemos decir que se trata de un sistema con un *hardware* estándar, con capacidad de conexión directa a las señales de campo: niveles de tensión, corriente de transductores y otros periféricos electrónicos; y programable por el usuario, diseñada para controlar, en tiempo real y en medio industrial, procesos secuenciales. En fin trabaja en base a la información recibida por los captadores y al programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación (Núñez, 2011).

Esto quiere decir que elementos tradicionales como relés auxiliares, relés de enclavamiento, temporizadores y contadores son internos. La tarea del usuario se reduce a realizar el programa, o sea, la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida (Uria, 2012).

1.4.1 Características principales

Entre las características de los PLC se encuentran las siguientes (Izaguirre, 2012, Ramírez and Sánchez, 2012):

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- ✓ Constituyen elementos inteligentes de control, potentes, de alta fiabilidad y robustez.
- ✓ Presentan estructura modular, expandible.
- ✓ Alta flexibilidad en la configuración tanto del *software* como del *hardware*.
- ✓ Emplean lenguajes de programación de alto nivel, con lenguajes estructurados, programación sencilla y elementos de programación bien diseñados acorde a las aplicaciones industriales.
- ✓ Alta capacidad de realización de tareas, multitareas, y operación en tiempo real.
- ✓ Permiten la realización del tratamiento primario de la información: filtraje, conversión A/D y D/A y linealización por solo mencionar algunos.
- ✓ Amplias facilidades de comunicación, a través de procesadores de comunicación, con elementos periféricos de todo tipo: computadoras, impresoras, instrumentación digital y autómatas.
- ✓ Fácil montaje, puesta en marcha, ajuste y mantenimiento. Se incluyen menús de ayuda, programas de prueba, generación de código de errores y detección de fallas.

1.4.2 Campos de aplicación

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos que requieren de (Burbano, 2009, Ramírez and Sánchez, 2012, Canto, 2006):

- ✓ Espacio reducido.
- ✓ Utilización en ambientes exigentes o agresivos.
- ✓ Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- ✓ Procesos secuenciales.
- ✓ Maquinaria de procesos variables.
- ✓ Instalaciones de procesos complejos y amplios.

1.4.3 Ventajas y desventajas

Ventajas (Burbano, 2009, Canto, 2006):

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- ✓ Mínimo espacio de ocupación
- ✓ Menor costo de mano de obra.
- ✓ Economía de mantenimiento.
- ✓ Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómeta.
- ✓ Menor tiempo para la puesta en funcionamiento.
- ✓ Fiabilidad tanto de *hardware* como de *software*, los autómetas no se cuelgan.
- ✓ Flexibilidad.
 - Fáciles y rápidos de programar.
 - Extensa gama de aplicaciones.
 - Gran número y diversidad de E/S.
 - Lenguajes muy potentes y fáciles de comprender.
- ✓ Se le pueden adicionar módulos para aplicaciones específicas que aumentan su gama de utilización.
- ✓ Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómeta sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

Desventajas:

- ✓ Requiere de personal técnico capacitado para la instalación y programación.
- ✓ Costo inicial.

1.4.4 Estructuras

Estructura externa: los autómetas programables se clasifican en (Burbano, 2009, Castillo and Villavicencio, 2009, Canto, 2006, Izaguirre, 2012):

- ✓ **Compactos:** en un solo bloque está la CPU, la fuente de alimentación y las entradas y las salidas. Para aumentar sus prestaciones se colocan módulos de expansión de diferentes tipos, según los requerimientos del sistema a implementar.
- ✓ **Modulares:** separan por unidades las distintas partes operativas, o sea, por módulos o tarjetas adosadas en Racks con funciones definidas: CPU, fuente de alimentación, módulos de E/S, etc. La conexión se realiza mediante conexión entre Racks.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Además se pueden distinguir como:

- ✓ **Estructura americana:** separa las E/S del resto del autómata.
- ✓ **Estructura europea:** cada módulo es una unidad funcional independiente: fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.

Estructura Interna: los elementos esenciales, que todo autómata programable posee como mínimo son (Burbano, 2009):

- ✓ **Unidad central de proceso (CPU):** es la parte inteligente del sistema, se encarga de procesar el programa de usuario, consulta el estado de las entradas y en dependencia de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas. Para ello dispone de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa. En determinados modelos más avanzados se puede disponer de funciones ya integradas, como reguladores PID, control de posición, etc.
- ✓ **Sección de entradas:** consta de canales de entrada, los cuales pueden ser de tipo digital o analógico, a los que se conectan los sensores.
- ✓ **Sección de salidas:** constituida por canales de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico, a las que se conectan los actuadores.
- ✓ **Fuente de Alimentación, algunas CPU la llevan incluida:** proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. Puede incorporar una batería de respaldo, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa de usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el autómata.
- ✓ **Interfaces:** facilitan la comunicación del autómata mediante enlace serie con otros dispositivos, como una PC o un HMI.
- ✓ **Unidad o consola de programación:** permite introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- ✓ **Memoria:** es la encargada de contener el programa de usuario y de trabajo. En los autómatas está separada en diversas áreas según su función o datos que debe contener.
- ✓ **Dispositivos periféricos:** como nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.

Si quisiéramos representar el autómata programable en forma de diagrama de bloques quedaría de la siguiente forma (Ver figura 1.1):

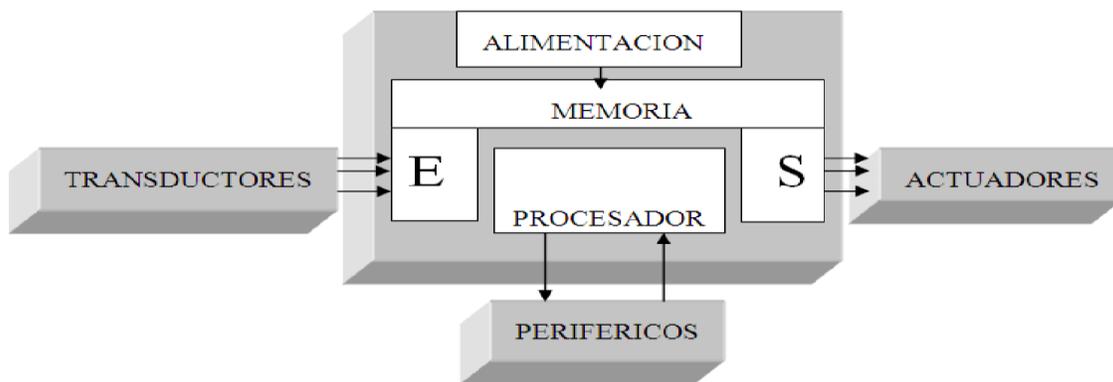


Figura 1.1. Estructura básica de un autómata.

1.4.5 Programación

En la actualidad, los programas de los autómatas son elaborados en aplicaciones especiales en un ordenador y luego son descargados directamente mediante un cable o una red. Estos programas se guardan en la memoria del PLC o en memoria externa para posteriormente ser usados. Los PLC modernos pueden ser programados de muchas formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como el BASIC o C. Otro método es usar la lógica de estados que es un lenguaje de programación de alto nivel basado en los diagramas de transición de estados. Cada fabricante de PLC posee un *software* de programación específico para su equipamiento (Castillo and Villavicencio, 2009).

Formas de representación o programación (Burbano, 2009):

- ✓ Proposicional: descripciones literales.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- ✓ Algebraica: funciones booleanas y aritméticas.
- ✓ Gráfica: esquemas, diagramas, *grafcet*.

Lenguaje de diagramas de contactos, *Ladder Diagram*: es un lenguaje gráfico que expresa relaciones entre señales binarias como una sucesión de contactos en serie y en paralelo. Estos contactos con dos estados, abierto/cerrado, permiten su combinación formando todo tipo de funciones lógicas equivalentes directa e inmediatamente a funciones en lenguaje nemónico.

Al igual que el lenguaje de lista de instrucciones, éste ha tenido que ampliarse con otras instrucciones mediante bloques funcionales complejos que permiten la manipulación de datos, gestión del programa, funciones aritméticas y otras muchas operaciones, ya que era un tanto deficiente en representación de funciones secuenciales complejas como son los secuenciadores, los registros de memoria, etc., y sobre todo las señales digitales de varios bits.

1.5 Computadoras industriales

Dentro de las industrias es usual encontrarse con ambientes hostiles que contienen gran cantidad de polvo, grasa, líquidos, ruidos y vibraciones. Para soportar dichas condiciones de trabajo comenzaron a desarrollarse computadoras con la robustez necesaria denominadas computadoras industriales, dotadas de protección especializada, que le permiten lograr un mejor rendimiento y durabilidad dentro de este medio. Por ello se ha incrementado considerablemente el uso de estas máquinas industriales, para controlar y supervisar los procesos de producción en las industrias. Con el desarrollo de la tecnología los sistemas de control se combinaron con dos equipos especializados que se complementan: el PLC y la PC industrial. Con ello se logran diversos niveles de jerarquía en el control, estableciendo control distribuido por medio de PLC y control centralizado por medio de la PC. Con esta estructura se alcanzan los más altos niveles de fiabilidad (Rosado, 2011).

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.5.1 Dispositivos Interfaz Hombre-Máquina

HMI significa *Human Machine Interface*, es decir, es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas (Cabo, 2007).

1.6 Los Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos

SCADA es el acrónimo de Supervisión, Control y Adquisición de Datos. Es una aplicación de *software* diseñada con la finalidad de controlar y supervisar datos a distancia, los cuales se basan en la adquisición de variables de los procesos remotos utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso (Chavarria, 2007).

Se trata de una aplicación especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo: controladores autónomos, autómatas programables, entre otros, y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa (Gómez, 2009).

A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, SCD, en un sistema SCADA (Izaguirre, 2012) el lazo de control puede ser generalmente atendido, cerrado, por el operador. Hoy en día es fácil encontrar un sistema SCADA realizando tareas de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para la programación de los SCADA podemos encontrar en el mercado una gran variedad de *software*. Entre los más populares y más usados se pueden mencionar al LabVIEW, MOVICON y WinCC de Siemens.

1.6.1 Elementos que conforman un SCADA

De forma general un sistema SCADA está compuesto por (Polo, 2008):

- ✓ Un HMI que se encarga de presentar los datos a un operador humano. A través de ella el operador supervisa y controla el proceso.
- ✓ Un sistema de control, encargado de la adquisición de datos del proceso y el envío de comandos hacia el mismo.
- ✓ RTU que reciben las señales directamente de los sensores de campo y a su vez comandan a los actuadores y demás elementos de control final.
- ✓ La infraestructura de comunicación que conecta el sistema de control con las RTU.

1.6.2 Principales funciones de los sistemas SCADA

Las principales funciones que debe acometer un sistema SCADA son (Chavarria, 2007):

- ✓ Supervisión remota de instalaciones y equipos.
- ✓ Control remoto de instalaciones y equipos.
- ✓ Procesamiento de datos.
- ✓ Visualización gráfica dinámica.
- ✓ Generación de reportes.
- ✓ Representación de señales de alarma.
- ✓ Almacenamiento de información histórica.
- ✓ Programación de eventos.

1.6.3 Ventajas y Desventajas de los sistemas SCADA

Ventajas (Chavarria, 2007, Gómez, 2009):

- ✓ Reducción de los costos de producción, operación y mantenimiento.
- ✓ Aumento de la producción.
- ✓ Diversificación de la producción.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- ✓ Mejoramiento de la coordinación con el área de mantenimiento.
- ✓ Se dispone de información precisa para efectos de estudio, análisis y estadística.
- ✓ No se requiere de personal para realizar labores de lectura de las variables ya que estos son leídos y enviados a centros de cómputos a través de la red.
- ✓ Sistema de medición más rápido y confiable.

Desventajas (Chavarria, 2007):

- ✓ Se requiere de una red industrial fiable, pues resultaría crítico no contar con la misma.
- ✓ Alto costo inicial, por concepto de adquisición de los equipos e implantación del sistema acorde a las necesidades y requisitos exigidos.

1.7 Consideraciones finales del capítulo 1

- ✓ Son innumerables los ejemplos donde la soldadura es imprescindible, tal es el caso de la soldadura de carriles para las reparaciones de las líneas férreas cubanas.
- ✓ Los PLC son dispositivos electrónicos con altas prestaciones y en este caso, un S7-300 es utilizado para controlar la máquina de soldar.
- ✓ La máquina posee una PC industrial acoplada, la cual cuenta con una aplicación SCADA realizada en el *software* WinCC, para la visualización y supervisión de los principales parámetros del proceso de soldadura. Consta con un panel de mando desde el cual el operador ordena, de forma manual, las operaciones pertinentes que dan lugar a la soldadura automatizada.
- ✓ Nuestro país está inmerso en una gran crisis económica, lo cual le imposibilita invertir en la reparación de disímiles equipamientos, por ejemplo en máquinas de soldar. Por ello la realización de ingeniería inversa a estos equipos elimina la dependencia tecnológica de servicios extranjeros, los cuales son altamente costosos.

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

En este capítulo se desarrolla el contenido principal del trabajo y se manifiestan las acciones llevadas a cabo para la realización del mismo. Se explica todo lo concerniente a la máquina, es decir, características, funcionamiento y posiciones de partida y se exponen las características generales y especificaciones de la tecnología instalada y su funcionamiento.

2.1 Máquina de soldar carriles MCP- 6301A TB3

La máquina de soldar carriles MCP-6301A TB3, única de su tipo en el país y en toda Latinoamérica, es de fabricación rusa con tecnología alemana y suelda con corriente los rieles de forma continua y automática. Fue adquirida por la ECVF el 13 de agosto del 2008 al costo de \$600060 (CUC) con el propósito de mejorar las vías férreas cubanas y agilizar las labores de mantenimiento.

2.1.1 Principio de funcionamiento

La máquina de soldar carriles MCP- 6301A TB3 está predestinada para la soldadura por contacto a tope.

2.1.1.1 Soldadura de contacto

Todos los métodos de soldadura de contacto se basan (Chulóshnikov, 1978) en el calentamiento del metal por la corriente eléctrica que circula a través de las piezas. La cantidad de calor, en lo fundamental, depende de la intensidad de la corriente, la duración de su circulación y la resistencia del metal al paso de la misma en la zona de soldadura.

Para soldar dos o más piezas, estas se aprietan una contra otra y con ayuda de electrodos especiales se suministra corriente de pequeña tensión, por lo común de 3 a 8V, y de gran intensidad, hasta varias decenas de kA. El calor empleado durante la soldadura se desprende directamente de las mismas piezas, en los contactos entre éstas y en los contactos de las piezas con los electrodos. La resistencia eléctrica desempeña un papel esencial en los procesos de la soldadura por contacto.

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

Al observar la superficie de cualquier metal después del maquinado de la misma, se notan rugosidades considerables, resaltos y cavidades. Al apretar las piezas una contra otra se forma un contacto en que dos superficies se conectan entre sí mediante un número insignificante de puntos aislados. El área de contacto en cada punto y el número de puntos de contactos dependen del esfuerzo de compresión de las piezas, las propiedades mecánicas del metal y el estado de la superficie. Cuanto más blando sea el metal y cuanto menor sea la altura de las rugosidades en su superficie, más baja será la así llamada resistencia de contacto, siendo constante el esfuerzo de compresión.

2.1.1.1.1 Soldadura a tope

La soldadura a tope es (Chulóshnikov, 1978) el procedimiento en que las piezas se unen, se sueldan a lo largo de su plano de contacto mediante la acción del calentamiento y el esfuerzo de compresión, recalcado. Las piezas se fijan en los electrodos, mordazas de la máquina, se le suministra tensión y se desplazan lentamente una al encuentro de la otra con una velocidad constante o creciente hasta que los topes entren en contacto. Como resultado de la pequeña área inicial de contacto entre las piezas, en el lugar de la unión se origina una alta densidad de corriente, el metal en los lugares de contacto se calienta instantáneamente hasta la temperatura de ebullición y se evapora acompañado de pequeñas explosiones de los separados contactos, puentes de unión. A consecuencia de la explosión una pequeña parte del metal se expulsa de la unión en forma de chispas y salpicaduras. Durante el calentamiento y la deformación plástica del metal en la zona de unión una parte de las partículas elementales, o sea, granos del metal, se destruye formando simultáneamente nuevos, comunes para ambas piezas. Este proceso se llama recristalización. Dentro de la soldadura a tope se diferencian las soldaduras por resistencia y por fusión.

2.1.2 Características generales

La máquina de soldar carriles MCP-6301A TB3 (Ver figura 2.1) posee las características siguientes:

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA



Figura 2.1. Máquina de soldar carriles MCP- 6301A TB3.

- ✓ Está predestinada para la soldadura por contacto a tope, mediante el procedimiento de fusión-presión con chisporroteo continuo y descortezado o retirada de la rebarba después de finalizada la soldadura.
- ✓ Realiza el proceso de soldadura en aproximadamente 70 segundos.
- ✓ Un mecanismo de soldar.
- ✓ Una línea de rodillos de más de 300m.
- ✓ Una columna fija y una móvil.
- ✓ Una estación hidráulica.
- ✓ Una cabina de control y una de fuerza.
- ✓ Dos transformadores de soldadura conectados en paralelo.
- ✓ Dos tanques de nitrógeno, acumuladores AK1 y AK2.
- ✓ Sensores de presión y temperatura.
- ✓ Motores trifásicos.
- ✓ Cilindros hidráulicos, distribuidores hidráulicos, electroválvulas y captadores de presencia (Ver Anexos II y III).
- ✓ Cuchillas quitarebarbas.
- ✓ Tensión de la red trifásica de alimentación de corriente alterna de 440V.

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

- ✓ Frecuencia de la red alimentadora de 50/60Hz.
- ✓ Un extractor encima del mecanismo de soldar.

2.1.3 Generalidades de su funcionamiento

La máquina está predestinada para la soldadura por contacto a tope, mediante el procedimiento de fusión-presión con chisporroteo continuo y regulación automática de la tensión, con descortezado o retirada de la rebarba después de finalizada la soldadura. El proceso de soldadura tiene lugar automáticamente con ayuda del sistema hidráulico de seguimiento y del autómatas programable S7-300.

Para mantener la máquina siempre óptima para la labor y usarla correctamente es preciso que ella sea atendida por el siguiente personal de servicio: ajustador y operario-soldador.

Mediante grúas viajeras se abastece la línea de rodillos con rieles de 12.5 metros de longitud. Los motores que impulsan los rodillos son trifásicos de 3Kw de potencia. El primer paso, pulido previo, en la producción del rail soldado es la limpieza de las superficies de contacto del carril, la parte inferior y superior, mediante una máquina automatizada la cual cuenta con varias gratas, cepillos de alambre. El segundo paso es la limpieza de las puntas del carril, mediante una máquina que posee en su extremo delantero una grata, esta es operada de forma manual. Posteriormente los rieles a soldar se suministran por mediación de la línea de rodillos a la zona de soldadura, situándose cada uno en lados opuestos de la máquina.

La máquina cuenta con dos columnas, una fija y a la vez aislada eléctricamente a la base, y otra móvil que descansa y se desplaza en dos ejes transversales, aislada esta de la primera. En la columna fija se sujeta uno de los extremos a soldar y en la móvil el otro extremo. Ambas columnas, la fija y la móvil, actúan como electrodos, mordazas.

Seguidamente hay que centrar los extremos con la ayuda de los accionamientos de desplazamiento horizontal y vertical, de forma que queden bien alineados. Todo el proceso desde que los carriles salen de la zona de limpieza hasta el instante en que se

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

puede realizar la soldadura es manual, llevada a cabo por los operarios de planta desde el panel de mando.

El sistema eléctrico de la máquina proporciona dos regímenes de trabajo: régimen de ajuste y régimen de soldadura. En el régimen de ajuste se puede comprobar la elevación y descenso de los rodillos, el funcionamiento de los mecanismos de sujeción de los carriles y el desplazamiento de la columna móvil. En el régimen de soldadura el operario maneja los procesos de sujeción y aflojamiento de los carriles, así como, de centrado horizontal y vertical. Las operaciones restantes, durante el proceso de soldadura, son ejecutadas automáticamente.

Después que los extremos de los carriles a soldar han sido sujetos y centrados es preciso colocar el conmutador, situado en tablero de mando, en la posición "soldadura". Se oprime el botón "arranque" con lo cual se conecta la corriente de soldadura y comienza la fusión de los extremos de los carriles a soldar. En lo siguiente el proceso se ejecuta de manera automática según el programa preestablecido en el autómeta.

El proceso de soldadura tarda en realizarse aproximadamente 70 segundos y está compuesto por 3 etapas, la 1ra de alta tensión con magnitudes entre 380V y 400V, la 2da de tensión reducida con magnitudes de aproximadamente 300V y la 3ra es idéntica a la primera. El proceso de soldado se efectúa debido a dos transformadores reductores de soldadura conectados en paralelo que posee la máquina, los cuales se encuentran en el interior de la columna fija. Estos en el instante en que se presiona el botón pertinente para comenzar la soldadura se encargan de transformar la tensión de entrada de la red, 440V, en una tensión de salida de aproximadamente 6.8V. Este voltaje energiza el interior de la columna y a su vez al riel sujetado por ella. A avanzar la columna móvil hacia la fija y hacer contacto ambos extremos de los carriles, se produce un cortocircuito. Debido a la alta intensidad presente en el corto circuito, el metal en los extremos de los rieles alcanza la temperatura de fusión y mediante el esfuerzo de presión, recalado, y avance ejercida por la columna móvil, se lleva a cabo la fusión.

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

Los electrodos realizan el contacto directo de la máquina con las piezas a soldar, estos comprimen las piezas, le suministran corriente y evitan su resbalamiento durante el recalado.

Una vez finalizado el ciclo de soldadura se elimina la rebarba y para aflojar los carriles ya soldados es preciso colocar los conmutadores de volquete en la posición "aflojamiento", con lo cual serán aflojados los carriles soldados y separada la columna móvil de la inmóvil. El artículo soldado se extrae de la máquina desplazándolo por los rodillos. La máquina está lista para soldar el siguiente artículo.

Luego se rectifica en una prensa la rectitud de la unión soldada con una regla metálica de 1 metro de longitud. A continuación pasa por una máquina cortadora y barrenadora encargada de cortar y barrenar los comienzos y finales de cada hilo, carril soldado de 300 metros, según el pedido.

Después pasan a los puestos de pulido, primeramente grueso 1, donde se elimina la rebarba restante a ambos lados del riel, luego pasa al segundo puesto, pulido grueso 2, donde se elimina la rebarba restante arriba y abajo. Al concluir pasan por un laboratorio de control ultrasónico, donde se puede detectar cualquier defecto en la unión.

El operador maneja la máquina desde su puesto de trabajo y vigila la ejecución de los elementos del ciclo tecnológico, valorando visualmente la calidad de la junta soldada. Al detectar desperfectos visibles y repetidos el operario deberá detener la máquina para realizar el ajuste necesario.

2.1.4 Posiciones de partida de los mecanismos antes del cargamento de los carriles

- ✓ Los rodillos de los mecanismos elevadores son levantados.
- ✓ Los electrodos son desapretados.
- ✓ El cuerpo móvil en la posición extrema derecha.
- ✓ Los rodillos guidores de las madrinas portátiles son separados.
- ✓ Los cuchillos quitarebarba y las compuertas son abiertas.
- ✓ Los cuerpos internos del CM y del CI se colocan en la posición nominal.

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

2.1.5 Ciclo de soldadura de los carriles

- 1- Se suministra un carril hasta el CI en la zona de soldadura. La distancia entre la junta de los carriles y el cuchillo quitarebarba debe ser 50 ± 3 mm.
- 2- Se baja el rodillo a la salida.
- 3- Se aprietan los rodillos centradores a la salida.
- 4- Se baja el electrodo del CI.
- 5- Centrado del carril en el CI.
- 6- Se suministra otro carril hacia el CM hasta el tope del carril apretado.
- 7- Se baja el rodillo a la entrada.
- 8- Se aprietan los rodillos centradores a la entrada.
- 9- Se baja el electrodo del CM.
- 10- Centrado del carril en el CM.
- 11- Centrado definitivo por los mandos de la corrección horizontal y vertical.
- 12- La fusión y el asentamiento en concordancia con el ciclo de soldadura.
- 13- La bajada del electrodo inferior del CM a 2-3 mm y la elevación del electrodo superior.
- 14- Eliminación de la barba.
- 15- Separación de los rodillos centradores a la salida y a la entrada.
- 16- Separación de las compuertas y de los cuchillos quitarebarba.
- 17- Elevación del electrodo del CI.
- 18- Elevación de los rodillos a la salida y a la entrada.
- 19- Evacuación del CM a la posición extrema derecha.

2.1.6 Sistema hidráulico

La función del sistema hidráulico es llevar a cabo los movimientos de todos los mecanismos de la máquina por mediación de presión de aceite.

Para conocer su estructura, composición y funcionamiento ver el Anexo IV.

2.1.7 Preparación de la máquina para el régimen de trabajo

Para preparar la máquina para el régimen de trabajo es necesario cumplir las condiciones y requisitos establecidos en el documento técnico "Máquina de soldar carriles MCP-6301A TB3" y ver el Anexo IX.

2.2 Especificaciones de la tecnología instalada

2.2.1 La computadora industrial, "SIMATIC Panel PC 577"

Las PCs SIMATIC (SIEMENS, 2005a) están confeccionadas para operar dentro del exigente entorno de las maquinarias e instalaciones industriales. Por ello están equipadas para resistir vibraciones, frío, polvo, calor y vapor y funcionan fiablemente bajo las condiciones más rudas, año tras año, las 24 horas del día.

Gracias a su resistencia a las vibraciones y los choques, aseguran que los procesos industriales discurren de forma precisa y sin contratiempos, y minimizan el riesgo de paradas improductivas. La fiabilidad es asegurada, entre otros, por discos duros amortiguados, robustas cajas toda de metal y conectores enclavados. Además, inmovilizadores especiales aseguran que no puedan soltarse las tarjetas y debido al panel posterior galvanizado de la caja nada se oxidará incluso en los entornos más húmedos.

La máquina de soldar cuenta con una PC industrial del tipo SIMATIC Panel PC 577 (Ver figura 2.2) que funciona conjuntamente con el PLC y la máquina. En esta PC industrial radica una aplicación SCADA que se encarga del control y supervisión de las operaciones en modo automático de la máquina. Esta PC está equipada con prestaciones que la hacen idónea para el trabajo en un ambiente agresivo.



Figura 2.2. SIMATIC Panel PC 577.

Características del SIMATIC Panel PC 577 (Siemens, 2005b):

- ✓ Caja de metal, resistente a vibraciones y choques, con alta compatibilidad electromagnética.
- ✓ Pantalla táctil de 12".
- ✓ Procesador: Intel (R) Celeron (R) a 2.00GHz, socket 478.
- ✓ Motherboard: FUJITSU SIEMENS D1562.
- ✓ Memoria RAM: 256MB DDR-400.
- ✓ Sistema operativo: Microsoft Windows XP Profesional, Service Pack 3.
- ✓ Disco duro IDE de 2,5" y 40GB, fijado con amortiguadores de vibraciones.
- ✓ Temperatura ambiente entre 5°C y 45°C.
- ✓ Interfaz PROFIBUS opcional.

2.2.2 El autómata programable S7-300

El autómata programable S7-300 de SIEMENS (Ver figura 2.3) ofrece innumerables prestaciones. Es un PLC de gama alta que combina facilidad de montaje y alta potencialidad de procesamiento. Por ello es muy habitual encontrarlos en la automatización de procesos industriales.

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA



Figura 2.3. PLC S7- 300 de SIEMENS.

Características generales del PLC S7-300 (SIEMENS, 2006c, Siemens, 2005c, Siemens, 2006d)

- ✓ PLC modular totalmente configurable.
- ✓ Memoria principal máxima de 512 KB.
- ✓ Conectividad: MPI, AS Interface, PROFIBUS, PROFINET e Ind. Ethernet.
- ✓ *Software* de programación STEP 7.
- ✓ Área de direccionamiento de E/S máxima: 8192/8192 bytes.
- ✓ Programa y datos libres de mantenimiento.
- ✓ Posee una extensa gama de CPUs y módulos de expansión.
- ✓ Gracias a su alta velocidad de procesamiento, las CPU permiten tiempos de ciclo de máquina cortos.
- ✓ Cómodos de aplicar gracias a su facilidad de uso y a su instalación simple y sin necesidad de ventilación.
- ✓ Ampliable sin problemas en el caso de que aumenten las tareas.
- ✓ Potente gracias a la gran cantidad de funciones integradas, por ejemplo: contaje de alta velocidad, regulación, control de movimiento, etc., eliminando los costos de integración de dispositivos secundarios.
- ✓ El uso de una Micro Memory Card, MMC, como memoria de datos y programa, hace innecesaria una pila tampón, lo que reduce los costos de mantenimiento. Además, en esta tarjeta de memoria se puede guardar un proyecto asociado con símbolos y comentarios para simplificar el trabajo del servicio técnico. La MMC permite la actualización sencilla del programa o del firmware.

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

- ✓ Alto grado de integración, pues ocupa poco espacio gracias a la gran cantidad de canales de los módulos. Existen módulos que poseen entre 8 y 32 canales digitales o entre 2 y 8 canales analógicos.
- ✓ Cableado rápido y económico.
- ✓ Cada componente se puede cambiar por separado.
- ✓ Puede configurarse de forma modular sin necesidad de reglas de slots para módulos de E/S.

Composición del autómata instalado en la máquina de soldar:

- ✓ CPU compacta modelo 314C-2 PtP.
- ✓ Dos módulos SM 321 de 32 entradas digitales.
- ✓ Tres módulos SM 322 de 8 salidas digitales a relés.
- ✓ Un módulo SM 331 de 8 entradas analógicas con resolución 16 bit.
- ✓ Un módulo SM 331 de 8 entradas analógicas con resolución 14 bit.

Características técnicas de la CPU (SIEMENS, 2006b, SIEMENS, 2006c)

- ✓ **CPU 314C-2 PtP** (Ver figura 2.4):
 - CPU compacta con entradas y salidas digitales y analógicas integradas y un puerto serie.
 - Utilizada en sistemas que requieren gran velocidad de procesamiento y de reacción.
 - Funciones tecnológicas integradas: contaje, regulación, medición de frecuencia, modulación de ancho de impulso, generador de impulsos y posicionamiento.
 - Utiliza una MMC de 2MB.
 - Dimensiones: ancho 120mm, altura 125mm, profundidad 130mm.
 - Memoria de trabajo: 96 KB.
 - Instrucciones: 32 K.
 - Tiempos de ejecución: operación de bits 0,1 μ s y operaciones de palabras/coma fija/coma flotante 0,2/2/3 μ s.
 - 256 contadores, de Z0 a Z256.
 - 256 temporizadores, de T0 a T256.

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

- Marcas: 256 bytes.
- Entradas digitales: 24x24V DC; se pueden utilizar todos los canales para alarmas de proceso.
- Salidas digitales: 16x24V DC, 0,5A.
- 4 entradas analógicas: $\pm 10V$, $0 \dots 10V$, $\pm 20mA$, $0/4 \dots 20mA$; 1: $0 \dots 600\Omega$, Pt100.
- 2 salidas analógicas: $\pm 10V$, $0 \dots 10V$, $\pm 20mA$, $0/4 \dots 20mA$.
- Interfaces integradas: MPI, PtP.
- Interfaz PtP física: RS485/422.



Figura 2.4. CPU compacta 314C-2 PtP.

Para conocer las características técnicas de los módulos de expansión (SIEMENS, 2006b, SIEMENS, 2006c) ver el Anexo V.

2.2.3 Medición y transformación de tensiones y corrientes

1- La tensión de soldadura a través del transformador separador TV2 entra a la placa de transformación de las señales ППC-01(A9), de ella pasa normalizada al nivel de la entrada del controlador АЦП, la rectificación y la filtración, y luego se suministra a la entrada analógica del controlador S7-300.

2- La tensión del devanado primario del transformador de soldadura entra al convertidor UU, transforma la señal de corriente entre 4-20mA, y se suministra a la entrada analógica del controlador S7-300 (módulo AD1).

3- La señal de corriente, proporcional a la corriente de soldadura del transformador de corriente TT1, a través del amperímetro PA1 entra al convertidor de corriente UI, transforma la señal de corriente entre 4-20mA, y se suministra a la entrada analógica

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

del controlador S7-300 (módulo AD1). Los convertidores se alimentan por la tensión 220V del transformador TV3 a través del fusible F6.

4- La señal de corriente del transformador de corriente TT2 entra a la resistencia R9. La caída de tensión en la resistencia R9, proporcional a la corriente de soldadura, se suministra a la placa del convertidor de señales МИП-02 (A7), donde se normaliza y suministra a la entrada analógica del controlador S7-300 (módulo AD1).

2.3 Software utilizado

El primer *software* utilizado es STEP 7 Micro/Win V5.3 para analizar la programación del PLC S7-300 de Siemens, el cual controla las funciones de todos los elementos secuencialmente. El otro *software* es WinCC, usado para monitorear el proceso, consiste en un programa residente en la PC industrial que permite visualizar, en tiempo real, el proceso mediante gráficos dinámicos, que representan los objetos de la máquina ordenados en diferentes pantallas, desde las cuales se pueden enviar órdenes.

2.3.1 STEP 7 Micro/Win V5.3

La programación del PLC S7-300 fue realizada en el *software* STEP 7 Micro/Win V5.3, el tipo de lenguaje utilizado fue la programación KOP, esquema de contactos, que permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos, contactos y bobinas. Básicamente, los programas KOP hacen que la CPU emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez, habilitan condiciones lógicas de salida. Por lo general, la lógica se divide en unidades pequeñas y de fácil comprensión llamadas “segmentos” o “networks”. Una hilera de elementos interconectados que constituyen un circuito completo se denomina un segmento. El programa se ejecuta segmento por segmento, de izquierda a derecha y luego de arriba a abajo. Tras alcanzar el PLC el final del programa, comienza nuevamente en la primera operación del mismo (Castillo and Villavicencio, 2009).

El SIMATIC STEP 7 es un *software* de programación de PLC empleado por los PLC S7-300 de SIEMENS. Posee un entorno de programación que proporciona todas las

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

herramientas necesarias para proyectar, probar y depurar cualquier sistema de automatización. Tiene la estructura de un programa en base Windows, el cual permite con mayor facilidad la programación del PLC.

Cuenta con una amplia gama de funciones como: configuración de *hardware*, establecimiento de comunicaciones, programación, pruebas, puesta en marcha y servicio, documentación y archivo, funciones operativas y/o de diagnóstico.

Entre sus características podemos citar las siguientes (SIEMENS, 2005a):

- ✓ Utiliza un enfoque modular y estructurado para el diseño y la programación.
- ✓ Utilizado para la programación de PLCs S7-300, S7-400, C7 y WinAC.
- ✓ Emplea módulos de E/S analógicas y digitales, IFM, FM, periferia centralizada y descentralizada.
- ✓ Comunicaciones: MPI, PROFIBUS o Industrial Ethernet.
- ✓ Posee variables e instrucciones básicas, programación en bloques, temporizadores y contadores, señales analógicas y otras instrucciones como: salto condicional, incondicional, etc.
- ✓ Posee E/S distribuidas, configuración de alarmas y programación estructurada y simbólica.
- ✓ Alta flexibilidad: utiliza como lenguajes de programación el literal, lista de instrucciones AWL o STL, y el gráfico, esquema de contactos KOP y diagrama de funciones FUP.

Posee una tabla de estado desde donde se puede monitorear en tiempo real el estado de cada variable, de cualquier tipo. Cuando se habilita esta vía de monitoreo, la comunicación entre el PLC y la PC queda permanentemente ocupada, por lo tanto no se puede monitorear el proceso desde WinCC.

2.3.2 WinCC

WinCC (Díaz and Hernández, 2010) es un potente *software* HMI que se utiliza bajo Microsoft Windows. El control sobre el proceso en sí lo tiene el autómatas. Es decir, por un lado hay una comunicación entre WinCC y el operador, y por otro lado entre WinCC

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

y los autómatas programables. Con WinCC se visualiza el proceso y se programa la interfaz gráfica de usuario para el operador. Permite que el operador observe el proceso, mediante la visualización gráfica en pantalla. En cuanto cambia un estado en el proceso, se actualiza la visualización. Permite que el operador maneje el proceso; así, desde la interfaz gráfica de usuario, puede predeterminar un valor de consigna, abrir una válvula, etc. Cuando se presenta algún estado crítico en el proceso se activa automáticamente una alarma; si se rebasa un valor límite predeterminado, por ejemplo, aparece un aviso en la pantalla. Los avisos y los valores de proceso, se pueden imprimir y archivar en formato electrónico. El usuario documenta así la evolución del proceso y puede acceder posteriormente a los datos de producción del pasado.

Ofrece gran variedad en librerías con objetos programados, bloques gráficos reutilizables, herramientas inteligentes, hasta una gran flexibilidad para configurar variedades de idiomas haciendo a los proyectos multilingües.

Con WinCC se crean proyectos los cuales pueden contener las configuraciones de los diferentes paneles de operador, en cada proyecto se crean y se configuran todos los objetos necesarios para manejar y vigilar la planta, a su vez es posible importar imágenes representativas del proceso, también figura dentro de las posibilidades el hecho de crear variables para intercambiar datos entre el panel de operador y el autómata, y con estos datos es posible generar avisos con el fin de visualizar en el panel de operador los estados operativos de la planta.

Ventajas de este *software* de programación:

- ✓ Realizar operaciones matemáticas sencillas manipulando variables propias del panel o variables del PLC.
- ✓ Generar gráficas en tiempo real de las variables.
- ✓ Simular los paneles con el fin de corregir errores antes de cargarlos al equipo.

2.3.2.1 Análisis del SCADA implementado

El funcionamiento de la máquina de soldar carriles modelo MCP- 6301A TB3 está gobernado por un autómata Siemens. Las operaciones llevadas a cabo por este

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

controlador son visualizadas en la pantalla del ordenador industrial por mediación de un SCADA realizado en el *software* WinCC. El enlace entre el ordenador y el controlador es posible por medio de una tarjeta de comunicación.

Este programa permite no sólo recibir los parámetros de la junta soldada, sino construir un gráfico del proceso de soldadura, representando en una tabla los cambios de los parámetros en el tiempo. Indica el estado de los captadores, de los mecanismos ejecutivos y de las etapas del ciclo de soldadura y realiza un análisis de la calidad de la junta soldada sobre la base del control de tolerancia de los principales parámetros del proceso.

Al ejecutarse el programa, este intenta establecer conexión con el controlador. Luego aparece una ventana con el menú principal que permite al usuario acceder a las funciones básicas del sistema de diagnóstico.

El menú contiene las siguientes opciones:

Elección del personal de turno: muestra una ventana para la elección de la estructura del próximo turno de trabajo, la cual da la posibilidad de escoger el personal del turno mediante usuario y contraseña, el número del turno, código y número de la junta y número del programa. Además posee tres botones: el primero para confirmar el nuevo turno, el segundo para terminar el turno y el tercero para confirmar los cambios.

Estado de la máquina: muestra una ventana de visualización del proceso de soldadura en tiempo real (Ver figura 1, Anexo VI). Es accesible solamente después de la confirmación del turno.

En esta pantalla está representado el esquema que incluye los conjuntos (uniones) básicas y los agregados de la máquina de soldar. El esquema contiene los signos convencionales y la denominación de las válvulas, los captadores y los motores. Estas designaciones poseen marcas de color dinámico, es decir, cambian el color dependiendo del estado del elemento real al cual ellos corresponden.

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

En la parte debajo de la ventana se representan los significados numéricos de las siguientes variables: posición de la CM, la vía de la soldadura, el tiempo de la soldadura y del programa, la corriente de soldadura, el voltaje de la red, el número de la zona, de los látigos y de la junta, la presión de asentamiento, de la CM, de la CI, en el AK1 y en el AK2.

Designación de los colores correspondientes:

- ✓ Estado de los captadores:
 - Azul claro: captador encendido.
 - Amarillo: captador apagado.
- ✓ Estado de las válvulas:
 - Verde parpadeante: la válvula está encendida, el captador correspondiente de posición está apagado.
 - Verde permanente: la válvula está encendida, el captador correspondiente de posición está encendido.
 - Blanco: la válvula está apagada.
- ✓ Estado de los motores:
 - Verde: motor encendido.
 - Blanco: motor apagado.
- ✓ Señal del ciclo:
 - Leyenda de color verde "Ciclo": el ciclo de soldadura está en marcha.
 - Leyenda no está: el ciclo está acabado.

El diagnóstico del estado de la máquina comienza automáticamente después del inicio de ésta ventana.

En caso de presencia de errores de conexión, o si la conexión no fue establecida, en la línea del estado de la ventana, abajo, será representado un círculo de color rojo y será representado un mensaje de error. Para restablecer la conexión es posible con la ayuda del botón "Establecer la conexión" del menú principal del programa.

Esta ventana posee varios botones:

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

- ✓ Posición inicial: para el salto a la ventana de reconocimiento de las posiciones iniciales y del estado de la central hidroeléctrica. El botón "Posición inicial" cambia su color, dependiendo del estado en que se encuentre la máquina de soldar.
- ✓ Panel de mando: para el salto a la ventana de visualización del panel de mando, donde se representan o indican las operaciones llevadas a cabo por los operadores.
- ✓ Proceso actual: para el salto a la ventana de la representación del proceso corriente de soldadura.

La ventana de posición inicial y el estado de la central hidroeléctrica está dividida en dos partes, una para la definición de la posición inicial de los mecanismos y otra para la representación del estado de la central hidroeléctrica (Ver figura 2, Anexo VI).

En caso de que todas las condiciones iniciales se cumplan, todos los recuadrados correspondientes en la ventana de posición de partida tendrán color verde, y debajo de la ventana se ilumina con el color verde "Posición inicial de los mecanismos" y en la ventana del estado de la máquina el botón "Posición inicial" se representa con el color verde.

En la parte correspondiente al estado de la central hidroeléctrica las indicaciones de las señales tienen los siguientes colores:

- ✓ Rojo: el elemento está encendido, el estado peligroso.
- ✓ Verde: el elemento está encendido, el estado normal.
- ✓ Amarillo: el elemento está desconectado.

En la ventana del proceso actual se representa un gráfico en tiempo real de los parámetros básicos de la soldadura, este es actualizado cada 0,2 segundos:

- ✓ El desplazamiento S, en mm.
- ✓ La corriente I, en A.
- ✓ La presión P, en bar.

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

- ✓ La tensión primaria del transformador U1, en V.

Ingreso del programa: esta ventana se utiliza para la presentación e ingreso de los parámetros de los programas tecnológicos de la soldadura.

Trabajo con el archivo de las soldaduras: se realiza un salto a la ventana de trabajo con el archivo de las soldaduras, la cual se utiliza para el trabajo con los informes de turno, la elección de la soldadura y la representación del pasaporte y del oscilograma, ingreso de los parámetros adicionales e instalaciones. Se inicia al oprimir el botón "Trabajo con el archivo de las soldaduras" del menú principal del programa.

Establecer la conexión: en el caso de que la conexión no haya sido establecida al inicio del programa, bombillo en color rojo, es posible repetir el intento de establecer conexión con la máquina.

Ayuda: llama desde el programa el fichero de ayuda.

Salida de programa: cierra el programa de diagnóstico.

2.4 Comunicación

La comunicación en el entorno industrial constituye uno de los puntos de mayor importancia a tener en cuenta en un sistema de automatización. Las exigencias imponen que sea necesario garantizar los niveles adecuados de comunicación desde el más elemental sensor hasta el más sofisticado nivel informativo, permitiendo la automatización global de la fábrica o empresa (Izaguirre, 2012).

2.4.1 Comunicación entre la computadora industrial y el autómeta S7-300

La comunicación establecida entre el PLC S7-300 y la PC industrial es mediante el bus de campo PROFIBUS y está configurado utilizando el estándar RS-485. Es una tecnología de transmisión eléctrica simple y económica en base a un cable bifilar apantallado. La transmisión es a través de dos hilos.

El cable que se utiliza es SIEMENS SIMATIC NET PROFIBUS calibre 24 y soporta una temperatura hasta 75°C. En sus extremos utiliza un conector macho de 9 pines.

2.4.1.1 Características de PROFIBUS.

Entre sus principales características podemos citar (Siemens, 2006a, Izaguirre, 2012):

- ✓ Bus de campo abierto.
- ✓ Se utiliza preferentemente en el nivel de campo.
- ✓ Restringido a tres capas del modelo OSI: capa física, de enlace y de aplicación.
- ✓ Medio de transmisión:
 - eléctrico, cable de dos hilos apantallado.
 - óptico, cables de fibra óptica de cristal o plástico.
 - sin hilos, infrarrojos.
- ✓ Emplea como sistema físico la norma RS-485 a dos hilos.
- ✓ Topologías: bus, árbol, estrella, anillo, anillo redundante.
- ✓ Velocidades entre 9.6kbit/s y 12Mbit/s.
- ✓ Utiliza estructura de bus N: N, con jerarquía maestro-maestro-esclavo.
- ✓ Máximo número de estaciones: 127, 32 sin utilizar repetidores.
- ✓ Fácil intercambiabilidad de los aparatos de campo que corresponden al perfil estándar, también de diferentes fabricantes.
- ✓ Interconexión en red de transmisores, válvulas, actuadores, etc.
- ✓ Montaje rápido y sin errores.
- ✓ Idóneo para la rápida comunicación con periferia distribuida.

2.4.2 Interconexión entre una PC y el autómatas

SIEMENS al igual que la mayoría de los fabricantes de PLC, posee protecciones para los programas implementados en los autómatas. Para establecer comunicación entre una PC con el S7-300 hay que contar con el *software* STEP 7, en este se realiza la programación del autómatas y en caso de que este programado, determinar si el programa almacenado estaba protegido por contraseña o no. Para lograr esta interconexión SIEMENS elaboró un cable de comunicación serie, que conecta el PLC mediante el puerto RS-485 con el STEP 7 a través del puerto USB de la PC. Por medio de este se logra la transferencia de las instrucciones del programa al PLC y a la vez una comunicación constante de datos entre ambos componentes. Este adaptador

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA INVERSA DEL SISTEMA

SIEMENS USB/PPI Multi-Master Cable modelo 6ES7 901-3DB30-0XA0 (Ver Anexo VII) posee las siguientes características (SIEMENS, 2013):

- ✓ No soporta conexiones en caliente, el peso aproximado es 300g y posee aislamiento galvánico.
- ✓ Posee en uno de sus extremos un conector USB y por el otro un conector DB-9 RS 485.
- ✓ Los LEDs indican el estado de los datos enviados y recibidos.
- ✓ Es utilizado en los PLC de SIEMENS que posean interfaz RS-485.
- ✓ Máxima razón de transmisión: 187.5kbit/s.

2.5 Consideraciones finales del capítulo 2

- ✓ Se argumenta el principio teórico por el cual se rige la máquina para llevar a cabo el proceso de soldadura.
- ✓ Se realiza una descripción funcional de la máquina de soldar y sus componentes, arribando a las posiciones o condiciones iniciales que deben cumplir algunos mecanismos para llevar a cabo la soldadura automatizada.
- ✓ Se caracteriza de forma general el PLC S7-300, la CPU 314C-2 PtP y la SIMATIC Panel PC 577.
- ✓ Se analiza el medio físico de comunicación entre la PC industrial y el autómeta.
- ✓ Se describe el *software* STEP 7 Micro/Win V5.3 en el cual fue confeccionada la programación del PLC y se indaga acerca del adaptador SIEMENS USB/PPI Multi-Master Cable para establecer la interconexión entre este *software* y el PLC.
- ✓ Se analiza el *software* WinCC, en el cual fue realizada la aplicación SCADA y se describe el funcionamiento de dicha aplicación.
- ✓ Una vez establecida la comunicación con el PLC, el trabajo con el STEP 7 permite comprobar que el programa no está protegido por contraseña, por tanto puede descargarse.
- ✓ El programa de usuario se encuentra almacenado en la MMC estructurado mediante el lenguaje de esquema de contactos.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA INGENIERÍA INVERSA

En este capítulo se realiza un análisis de los resultados alcanzados al aplicarle ingeniería inversa a la máquina de soldar carriles. Se muestra una tabla de direcciones de E/S al PLC, un diagrama de flujo correspondiente a su funcionamiento, un esquema general de control y esquemas de conexiones del PLC. Se muestra una tabla con algunas de las posibles averías de la máquina, las causas que las provocan y los métodos de solución, y una valoración económica sobre el trabajo realizado.

3.1 Mapa de direcciones de las señales de E/S del PLC

En la tabla de señales de E/S, obtenida del autómata S7-300 de la máquina de soldar carriles MCP 6301A TB3 (Ver Anexo VIII), se muestran los bloques funcionales de la CPU y los módulos de expansión, el número de las señales de E/S, sus direcciones, la descripción, la proveniencia y el destino.

3.2 Análisis del programa

El código del programa extraído de la MMC presenta los comentarios en ruso, por lo que, para mejor comprensión, se tradujo los comentarios de todos los segmentos de código. El programa está dividido en bloques funcionales, cada uno de estos bloques o segmentos de programas están agrupados según la función que realizan. Primeramente se inicializan a cero todos los bits de trabajo y se chequean las entradas, luego se leen los datos de la receta y la cantidad de ciclos que se va a repetir el proceso. Una vez que se activa la señal de inicio se comienzan a ejecutar consecutivamente los bloques funcionales.

Para la obtención de las localizaciones de memoria donde se guardan las actualizaciones o simplemente donde se encuentran los datos deseados fue necesario realizar un análisis detallado de cada uno de los bloques de programas por separado. Este análisis consistió en ir escribiendo cada una de las E/S y descifrar para qué se utilizan, seguir los movimientos internos que se realizan en el bloque de programa y buscar el lugar donde se almacena la información importante. Los registros del autómata juegan un papel imprescindible en el aspecto de almacenamiento ya que sus

CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA INGENIERÍA INVERSA

características los convierten en áreas de memoria muy versátiles y útiles para el programador.

3.3 Diagrama de flujo de la máquina

El diagrama de flujo de la máquina (Ver Anexo X) se obtuvo como resultado del análisis al programa del PLC y de entrevistas a operadores. En estos esquemas se pueden ver de forma general los procedimientos que realiza el controlador durante el funcionamiento de la planta en modo automático para llevar a cabo el proceso de soldadura.

3.4 Esquema de control

Del estudio realizado se obtuvo un esquema general de control (Ver Anexo XI), donde se muestra la interconexión existente entre el PLC y los demás elementos que forman parte de la automatización de la máquina como: actuadores, elementos de control final, protectores, el panel de mando, el ordenador industrial, etc.

Para analizar las conexiones eléctricas del PLC S7-300 ver el Anexo XII. Estos diagramas fueron realizados en el *software* Microsoft Visio Professional 2013.

3.5 Lista de las posibles averías de la máquina

Las averías que pueden ocasionarse con mayor probabilidad en la máquina durante su operación, se pueden ver en el Anexo XIII.

3.6 Valoración económica

La propuesta de este trabajo consiste en buscar una solución alternativa que sea técnicamente competitiva y permita asumir, con los técnicos que posee la institución, las reparaciones necesarias en el tiempo más breve posible y a un menor costo.

Este acápite presenta la estimación del costo total para la realización de este proyecto y el costo equivalente para la confección de una vía férrea. Este análisis es con el propósito de cuantificar el ahorro de recursos mediante una comparación entre los gastos correspondientes para la confección de una vía férrea en caso de que no se utilice la soldadura automática de rieles, utilizando carriles de 12.5m, y en caso de que

CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA INGENIERÍA INVERSA

sí se utilice, utilizando carriles soldados de 300m. Estos costos contienen el salario del realizador del proyecto, los gastos del uso de la tecnología requerida y los costos de la adquisición de algunas herramientas de trabajo.

Los costos asociados tienen los valores siguientes:

CT = CD + CI donde:

CT: Costo Total. **CD:** Costo Directo. **CI:** Costo Indirecto.

CI: se refiere a los gastos en el proceso de investigación, dígase los gastos de electricidad consumida, gastos de administración, instalaciones, etc. Este costo se estima aplicando un coeficiente de gastos al salario básico de la investigación. El coeficiente de gasto considerado es de 0.84 (**CI = 0.84 * SB**).

$$- \mathbf{SB} = \sum_{i=1}^n A_i * B_i$$

donde:

A_i: Días dedicados a la realización del proyecto.

B_i: Salario diario del participante, salario mensual/24.

n: Número de participantes.

Tabla 3.1. Costo indirecto.

Participante	A _i	B _i	A _i *B _i
Lester Pérez	150	100/24	625
Total (SB)	\$625 (MN)		

$$\mathbf{CI = 0.84 * \$625 = \$525}$$

CD = MD + OG

MD: Materiales Directos.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA INGENIERÍA INVERSA

Una vía férrea equivale a 1800m de vía confeccionada con carriles de 12.5m de longitud, es decir, 144 campos. Cada campo posee 2 carriles y 23 traviesas.

Tabla 3.2. Costo de los materiales directos en la confección de una vía férrea sin utilizar la soldadura de carriles.

Materiales	Costo unitario		Cantidad	Costo total	
	MN	CUC		MN	CUC
Tornillo con tuerca para mordaza	0.039	1.641	3432	133.848	5631.912
Mordaza	0.745	32.55	572	426.14	18618.6
Arandela de presión	0.001	0.478	3432	3.432	1640.496
			Total	\$563.42	\$25891.008

Debido a la soldadura de carriles, estos se confeccionan con una longitud de 300m. Por ello en la confección de una vía férrea se utilizan 12 carriles soldados, lo cual equivale a 6 pares de carriles soldados, cada par posee 552 traviesas.

Tabla 3.3. Costo de los materiales directos en la confección de una vía férrea utilizando la soldadura de carriles.

Materiales	Costo unitario		Cantidad	Costo total	
	MN	CUC		MN	CUC
Tornillo con tuerca para mordaza	0.039	1.641	120	4.68	196.92
Mordaza	0.745	32.55	20	14.9	651
Arandela de presión	0.001	0.478	120	0.12	57.36
			Total	\$19.7	\$905.28

MD = \$19.7 (MN) y \$905.28 (CUC).

OG: Otros Gastos. Esta cifra incluye el precio de utilización de equipamiento.

Tiempo de máquina empleado: 750 horas. El precio para utilizar 1 hora una computadora es \$10.00.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA INGENIERÍA INVERSA

Alimentación: \$700.

Transporte: \$500.

$$\mathbf{OG} = \$750 * \$10 + \$700 + \$500 = \$8700.$$

$$\mathbf{CD} = \$19.7 \text{ (MN)} + \$8700 \text{ (MN)} + \$905.28 \text{ (CUC)}$$

$$= \$8719.7 \text{ (MN)} + \$905.28 \text{ (CUC)}.$$

$$\mathbf{CT} = \$8719.7 \text{ (MN)} + \$525 \text{ (MN)} + \$905.28 \text{ (CUC)}$$

$$= \$9244.7 \text{ (MN)} + \$905.28 \text{ (CUC)}.$$

Costo total del proyecto: \$9244.7 (MN) y \$905.28 (CUC).

3.6.1 Relación costo beneficio

Con la realización de este proyecto, en caso de ocasionarse cualquier rotura en la máquina, los técnicos pertenecientes a la ECVF cuentan con las herramientas necesarias e imprescindibles para llevar a cabo la reparación a un menor costo, en un menor plazo de tiempo y con la misma calidad que si fuese realizada por especialistas extranjeros.

Mediante esta nueva alternativa la empresa le da solución a los problema ocasionados con tres días de antelación respecto a si fuese solucionado por especialistas extranjeros, dos días equivalen a trámites y uno a transportación y hospedaje, y se ahorra el pago por la asistencia técnica, la transportación, la alimentación y el hospedaje.

En la instalación de una vía férrea, haciendo uso de la soldadura de carriles, se ahorran 552 mordazas y 3312 tornillos con tuercas y arandelas de presión, lo cual equivale a \$543.72 en MN y \$24985.728 en CUC. Disminuye en gran medida los golpes en las ruedas de los trenes ocasionadas por la separación de las juntas de los carriles, lo cual mejora el confort del viajero y el material rodante y elimina los planos, las partiduras en los extremos de los rieles y el deterioro o destrucción de las traviesas en dichos

CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA INGENIERÍA INVERSA

extremos. Aumenta la vida útil de los rieles, sufren menos desgastes, debido a la disminución de los planos. Facilita el trabajo de las brigadas de reparación y mantenimiento al disminuir el número de juntas y al emplear menos materiales como el guijo, el cual evita la oxidación de los tornillos con tuercas y arandelas.

3.7 Instrucciones de medidas de seguridad

Durante de la explotación de la máquina es necesario cumplir las Normas del Estándar Estatal (GOST 12.2.086-83). Para su operación sólo se debe admitir a personas que pasaron cursos de preparación y el personal de servicio durante el trabajo debe estar con ropa protectora y con gafas de protección.

Antes de encender la máquina hace falta comprobar la toma de tierra del mecanismo de soldar, de la estación del mando hidráulico y de las cabinas de control y fuerza. Se prohíbe trabajar si la toma de tierra y si el sistema de enfriamiento está averiado, colocar materiales inflamables y combustibles a distancias menores de 5m de la máquina durante el proceso de soldadura, y abrir las puertas de las cabinas, quitar la tapa del panel de mando, de las cajas de bornes y de las capas protectoras mientras la tensión de la alimentación de la red está encendida.

Es obligatorio desconectar totalmente la máquina de la alimentación eléctrica en caso de algunas interrupciones en el suministro de energía eléctrica, aparición de fallas en el equipo o trabajos de limpieza, lubricación y otros servicios a la máquina.

3.8 Instrucciones para el mantenimiento de la máquina

- ✓ Control del nivel de aceite en el tanque de la estación hidráulica, este debe ser por debajo de la marca del indicador, del buen estado y la eficiencia del sistema de enfriamiento acuático, y del proceso de la soldadura.
- ✓ Durante el uso de la máquina es preciso limpiarla sistemáticamente del polvo metálico y vigilar en qué estado se encuentran los puentes flexibles.
- ✓ Después de 5 o 6 costuras soldadas hay que limpiar los bujes conductores de corriente con un cepillo de acero, dos veces por jornada con tela esmeril. Si los

CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA INGENIERÍA INVERSA

carriles están sucios hay que realizar dicha limpieza más frecuentemente en dependencia del grado de suciedad.

- ✓ Periódicamente hay que quitar la rebarba y las chispas de soldadura pegada a los electrodos, los cuchillos y los tableros protectores, mientras se están soldando los carriles. Prestar atención especial al recubrimiento posible del aislamiento de la columna móvil de la máquina.
- ✓ Sistemáticamente hay que lubricar la máquina y pulir las superficies de contacto de las mordazas con cepillos de acero y piel de pulir.
- ✓ Control de la temperatura del aceite y de la presión en el depósito (tanque) de la estación de bombas por las indicaciones de los manómetros en la parte de servicio, y del buen estado de las señalizaciones en la pantalla de mando.
- ✓ Comprobación del estado de los cuchillos de quitarebarba, de los electrodos y de los conductores de corriente de los cuerpos móvil e inmóvil.

3.9 Impacto medioambiental de la máquina de soldar

Antes de hablar del impacto medioambiental de la máquina de soldar es necesario dejar definido el concepto de medioambiente.

Medioambiente: Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones venideras. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida, sino que también comprende seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos (Stamatoulos, 2014).

Es válido aclarar que la máquina de soldar no daña directamente el medioambiente porque:

- ✓ No emite gases contaminantes a la atmósfera.
- ✓ No vierte desechos contaminantes sólidos ni líquidos.
- ✓ Los motores de la máquina no emiten ruido excesivo que provoquen contaminación acústica.

3.10 Consideraciones finales del capítulo 3

- ✓ Como resultados de la realización de ingeniería inversa al sistema automatizado de la máquina de soldar carriles MCP 6301A TB3 se obtiene una tabla con las señales de E/S del PLC, un diagrama de flujo el cual explica de forma esquemática el funcionamiento general de la máquina, un esquema general de control y varios esquemas con las conexiones de las señales entrantes y salientes al PLC.
- ✓ Se confecciona una lista de las posibles averías que pueden ocasionarse en la máquina con mayor frecuencia y las posibles medidas o soluciones que se le pueden dar a dichos problemas.
- ✓ Se realiza un análisis económico con el costo de confección del proyecto y los gastos correspondientes a la instalación de una vía férrea haciendo uso o no de la soldadura automática de rieles y arribando a comparaciones.
- ✓ Se plantean instrucciones de medidas de seguridad y de mantenimiento para lograr una adecuada operación de la máquina.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- ✓ El PLC es una unidad de procesamiento de datos equivalente a una computadora pero de menor capacidad, diseñado para el control de procesos. Este instrumento constituye la base, el elemento central, del sistema de control de la máquina de soldar carriles.
- ✓ El diagrama de flujo explica, de forma general, las operaciones llevadas a cabo por el autómatas para ejecutar, en régimen automático, el proceso de soldadura.
- ✓ Los esquemas con las conexiones eléctricas del PLC simplifican las tareas de mantenimiento de los operadores y acelera la puesta en marcha en caso de una parada inesperada producto al mal funcionamiento o rotura de algún instrumento o desconexión de algún conector.
- ✓ Las medidas o soluciones técnicas ante posibles averías simplifican el trabajo de los técnicos en la toma de rápidas, oportunas y concisas decisiones.
- ✓ Entre los principales motivos de fallas y errores de este tipo de equipamiento, está el desconocimiento, por parte de los obreros, de la tecnología instalada, por ello se deben dar cursos de capacitación.
- ✓ El programa de estudio de automática debe profundizar mucho más en los temas de PLCs, redes de comunicación y *software* de programación, supervisión y monitoreo, pues constituyen los elementos tecnológicos más importantes y utilizados en los sistemas de control a nivel industrial.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- ✓ Tomar esta investigación como punto de partida para el montaje de plantas similares en el territorio nacional o para futuras innovaciones, modernizaciones e investigaciones llevadas a cabo en la máquina.
- ✓ Montar una red de comunicación industrial con el propósito de monitorear de forma remota el funcionamiento de la máquina.
- ✓ En caso que los lectores deseen documentarse o profundizar aún más en este tipo de máquina, pueden hacer uso del documento técnico: "Máquina de soldar carriles MCP 6301A TB3".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, J. & PUMA, E. 2007. Ingeniería inversa aplicado a sistemas desarrollados con programación orientada a objetos para obtener la documentación. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.

ALEGSA, L. 2010. Información sobre Ingeniería inversa. Santa Fe, Argentina.

ATOM. 2011. Ingeniería Inversa [Online]. Universidad Técnica Federico Santa María. Ingeniería en Diseño de Productos. Available: www.ING-INV.blogspot.com/.

BURBANO, J. 2009. Implementación de herramientas de software, normatividad, guías y manuales para integrar los módulos de robótica con la tecnología de automatización (PLC) en el laboratorio de la Universidad Autónoma de Occidente. Trabajo de Diploma, Universidad Autónoma de Occidente

CABO, R. 2007. EL ABC DE LA AUTOMATIZACION.

CALDERÓN, J. 2009. CONTROL Y MONITOREO SCADA DE UN PROCESO EXPERIMENTAL, UTILIZANDO PLC SIEMENS S7-300 Y SOFTWARE LABVIEW. FACULTAD DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

CANTO, C. 2006. ARQUITECTURA INTERNA DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE O PLC.

CARY, H. B. & SCOTT, C. H. 2005. Modern Welding Technology. Upper Saddle River. Nueva Jersey: Pearson Education.

CASTILLO, A. & VILLAVICENCIO, R. 2009. Repotenciación y automatización del proceso de mezcladora banda transportadora para prácticas de laboratorio de automatización industrial del DECEN. Escuela Politécnica del Ejército.

CASTRO, C. & ROMERO, C. 2008. Introducción a SCADA.

CHAVARRIA, L. 2007. Scada System's & Telemetry [Online]. Atlantic International University.

CHULÓSHNIKOV, P. 1978. Soldadura de contacto. pp. 17-20, Moscú.

DÍAZ, F. & HERNÁNDEZ, L. 2010. Control en línea de una planta Piloto de tratamiento de aguas residuales por electrocoagulación. Universidad Pontificia Bolivariana.

ELECTRIC, L. 1994. Welding processes handbook. Nueva York.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

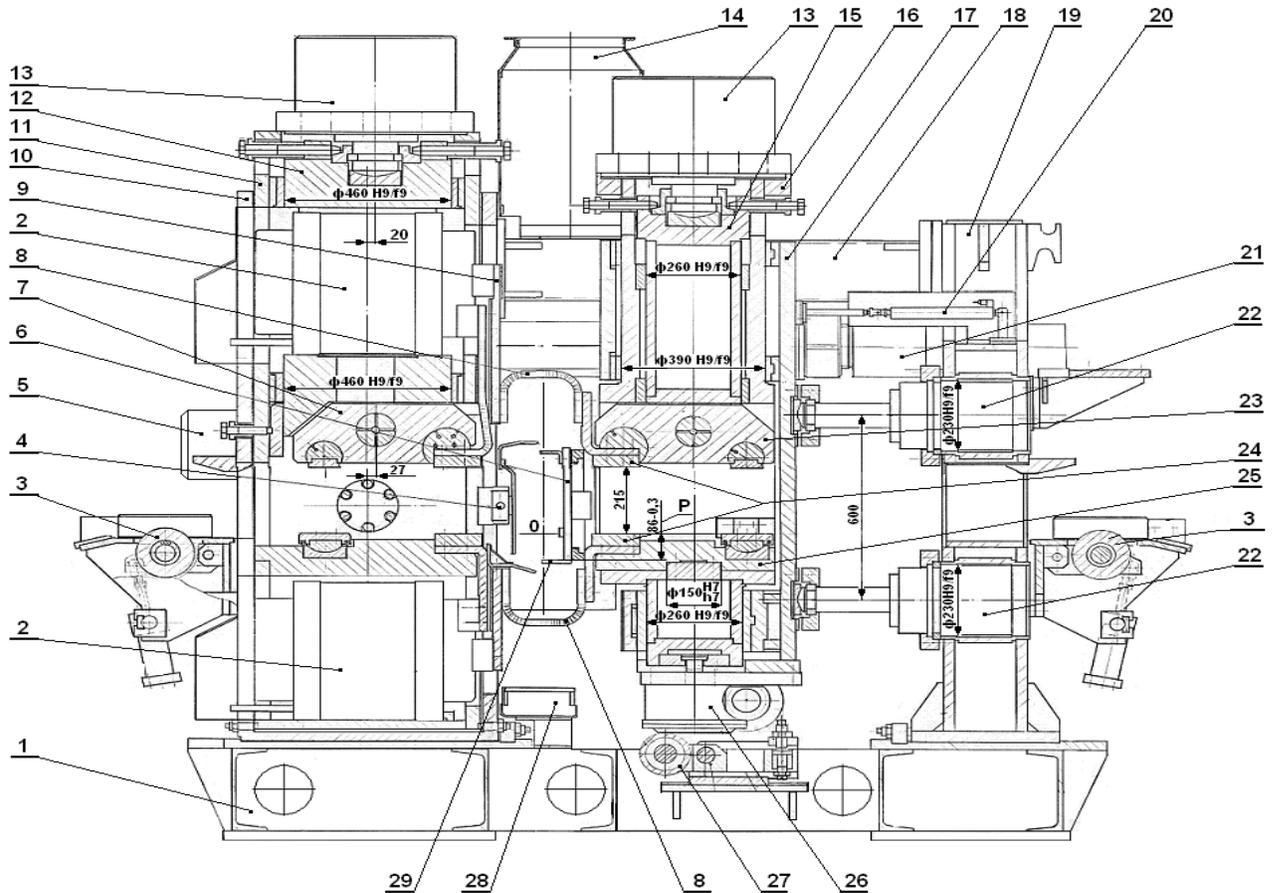
- GÓMEZ, J. 2009. Diseño de un control de temperatura con PLC y sistema de supervisión SCADA vía ETHERNET
- IBARRA, A. 2010. Tipos de soldadura [Online]. Medellín. Colombia: Instituto Tecnológico de Medellín. [Accessed Diciembre 2014].
- IFES 2009. Suelda seguro y protege tu salud ahora y en el futuro. Guía de prevención de riesgos en los trabajos de soldadura. España: Instituto de Formación y Estudios Sociales de Castilla y León. IFES. Junta de Castilla y León. Consejería de Economía y Empleo.
- IZAGUIRRE, E. 2012. Sistemas de automatización, Santa Clara, Departamento de automática y sistemas computacionales. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Editorial Samuel Feijóo.
- MARÍN, C. 2011. Evolución de la soldadura [Online]. UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LAS FUERZAS ARMADAS REPUBLICA BOLIVARINA DE VENEZUELA. Available: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Evolucion-De-La-Soldadura/2315578.html> [Accessed Diciembre 2014].
- MATEOS, F. 2001. Estandarizacion con automatatas programables, Sistema automatizado (PLCs). Ingenieria de sistemas y automatica: Universidad de Oviedo.
- NÚÑEZ, A. 2011. CONTROL DE UN TANQUE DE PRESIÓN MEDIANTE EL MODULO PID DE UN AUTÓMATA PROGRAMABLE. Trabajo de diploma, ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR. UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.
- POLO, R. 2008. Diseño e implementación de un registrador de temperatura ReTe 8 versión 1.0 basado en equipamiento BRAINCHILD. Trabajo de diploma, Escuela Politécnica del Ejército.
- PRIETO, L. 2012. Empresa Constructora de Vías Férreas Cmdte. Tony Santiago [Online]. Santa Clara. Available: www.villaclara.cu/index.php/component/.../4-negocio?download...solcar [Accessed diciembre 2014].
- RAMÍREZ, H. & SÁNCHEZ, R. 2012. Diseño y construcción de un tablero de transferencia y sincronización de generadores de emergencia con PLC y pantalla táctil. Trabajo de Diploma, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Facultad de Mecánica.
- RAMOS, D. 2013. USO DE LA INGENIERÍA INVERSA COMO METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA EN LA FORMACIÓN PARA LA INNOVACIÓN. Cartagena, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ROSADO, A. 2011. PC Industriales. Departamento de Ingeniería Electrónica Uval.
- SIEMENS 2005a. Nuevas ideas para optimizar sus soluciones de automatización. Productos y sistemas para Totally Integrated Automation.
- SIEMENS 2005b. PC industriales robustos y potentes con excelentes pantallas. Automation and Drives Industrial Automation Systems. ALEMANIA.
- SIEMENS 2005c. SIMATIC S7-300.
- SIEMENS 2006a. Comunicación y Software.
- SIEMENS 2006b. Productos para Totally Integrated Automation y Micro Automation.
- SIEMENS 2006c. SIMATIC Controller. La solución innovadora para cualquier tarea de automatización.
- SIEMENS 2006d. Sistema de cableado para SIMATIC S7.
- SIEMENS 2013. SIMATIC S7-200,USB/PPI CABLE MM MULTIMASTER, FOR CONNECTING S7-200 TO USB PORT OF PC, FREEPORT NOT SUPPORTED. 6ES7901-3DB30-0XA0.
- STAMATOULOS, C. 2014. Medio ambiente [Online]. Available: www.encyclopedia-juridica.biz14.com.
- TAMBORERO 1998. Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad. Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- TORRES, G. 2008. Ingeniería inversa: una herramienta para la iniciación al diseño. Cúcuta, Colombia.: Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Tecnológica de Pereira.
- URIA, P. 2012. CONTROL Y SUPERVISIÓN DE UNA MÁQUINA DE LACADO. Trabajo de Diploma, Universidad Politécnica de Catalunya. EscuelaTécnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones en Barcelona.
- VEITIA, L. 2012. Traviesa y SOLCAR: como un reloj [Online]. La Habana. Available: www.loureitia.blogia.com/2012/031405-traviesa-y-solcar-como-un-reloj.php [Accessed 24 de febrero 2015].
- VEITÍA, L. 2012. Traviesas y SOLCAR [Online]. La Habana. Available: www.Trabajadores.cu [Accessed Enero 2015].

Anexos

Anexo I Componentes de la máquina de soldar carriles MCP 6301A TB3.



- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1. Bastidor | 16. Cuerpo interno |
| 2. Transformador | 17. Cuerpo móvil |
| 3. Mecanismo de elevación | 18. Viga |
| 4. Mecanismo de las compuertas | 19. Madrina |
| 5. Mando de corrección vertical | 20. Captador de desplazamiento |
| 6. Quitarebarba | 21. Guiadora |
| 7. Mango | 22. Cilindro hidráulico de asentamiento |
| 8. Barra flexible | 23. Mango |
| 9. Conductor de la corriente | 24. Electrodos |
| 10. Cuerpo inmóvil | 25. Zapata |
| 11. Cuerpo interno | 26. Mecanismo de elevación |
| 12. Corredera | 27. Rodillo de descarga |
| 13. Cilindro hidráulico de apretación | 28. Bandeja desplazable |
| 14. Aspirador de aire | 29. Tablero |
| 15. Corredera | |

ANEXOS

Anexo II Posiciones de los cilindros hidráulicos, los captadores de presencia y las electroválvulas en la máquina de soldar carriles MCP 6301A TB3.

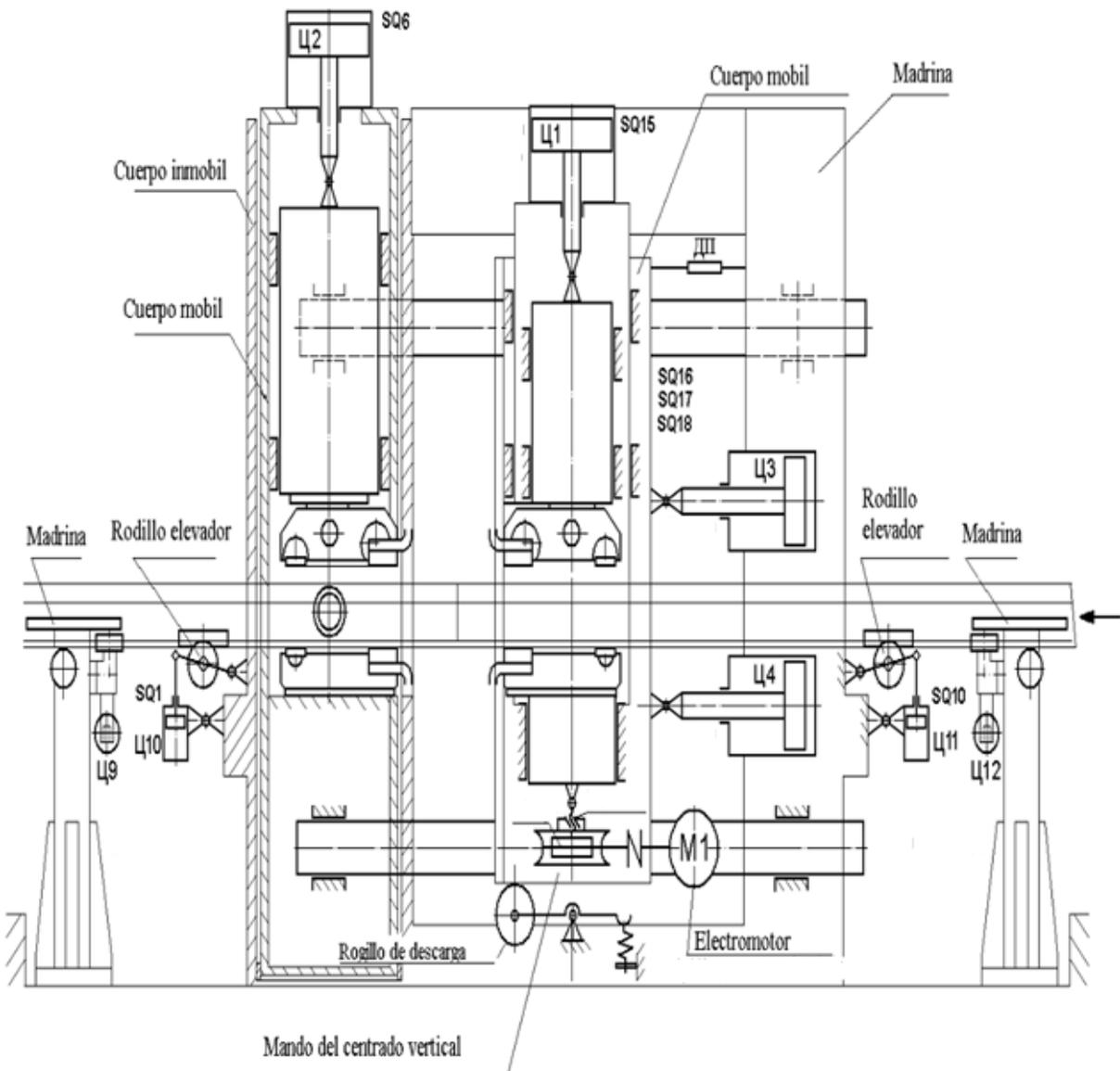


Figura 1. Vista frontal de la máquina de soldar carriles MCP 6301A TB3.

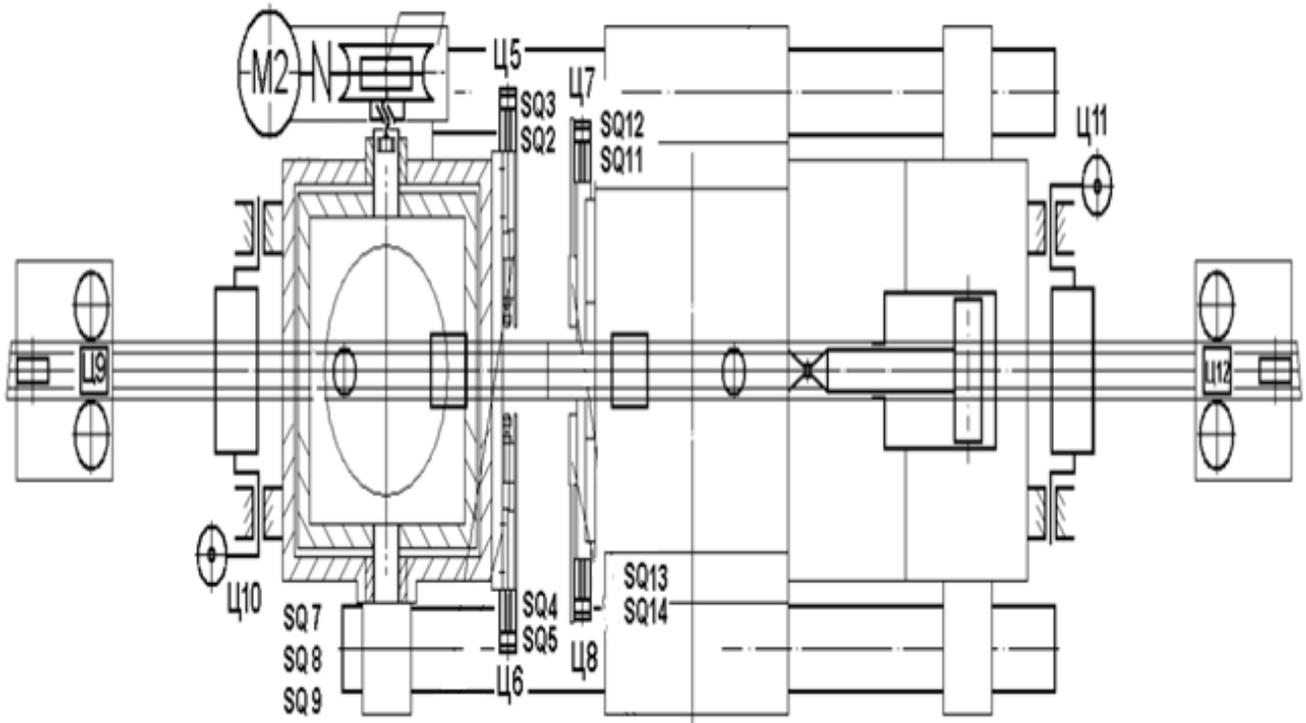


Figura 2. Vista superior de la máquina de soldar carriles MCP 6301A TB3.

ANEXOS

Anexo III Destinación de los mecanismos de mando, indicación, aparatos ejecutivos, captadores y electroválvulas.

✓ Destino de los mecanismos de mando:

- S5- Botón de preparación de encendido del interruptor automático de entrada QF1.
- S6- Botón de parada de emergencia situado en la pantalla de mando.
- S7- Llave de permiso de trabajo a través de la pantalla de mando.
- S8- Botón de parada de emergencia situado en la cabina de fuerza.
- S9- Llave de eliminación del bloqueo de las puertas de las cabinas del sistema de mando.
- SB1- Botón de encendido del interruptor automático de entrada QF1.
- SB2- Botón de desconexión del interruptor automático de entrada QF1.
- SF1, SF2- Interruptores finales del bloqueo de las puertas de las cabinas de mando.
- SA1- Elevación-Descenso del rodillo a la salida del CI.
- SA2- Elevación-Descenso del rodillo a la entrada del CM.
- SA3- Suministro-Evacuación de las compuertas.
- SA4- Suministro-Evacuación de los cuchillos quitarebarba.
- SA5- Reunión-Separación de los rodillos de centrado a la salida.
- SA6- Reunión-Separación de los rodillos de centrado a la entrada.
- SA7- Apretamiento-Desapretamiento de los electrodos del CI.
- SA8- Apretamiento-Desapretamiento de los electrodos del CM.
- SA9- Reunión-Separación del CM.
- SA10- Soldadura de muestras/Salida a la posición de partida.
- SA11- La corrección vertical arriba/abajo.
- SA12- La corrección horizontal alejándose/acercándose.
- SA13.1- Régimen semiautomático de trabajo.
- SA13.2- Régimen manual de trabajo.

ANEXOS

- SA14- Encendido de la bomba.
 - SA15- Apagado de la bomba.
 - SA16- Encendido de preparación del CI para la soldadura.
 - SA17- Apagado de preparación del CI para la soldadura.
 - SA18- Encendido de preparación del CM para la soldadura.
 - SA19- Apagado de preparación del CM para la soldadura.
 - SA20- Encendido de soldadura.
 - SA21- Apagado de soldadura.
 - SA22- Encendido de la corriente en el régimen manual.
 - SA23- Encendido de la válvula de asentamiento en el régimen manual.
 - SA24- Encendido del régimen Test.
 - SA25- Encendido del régimen Marcha en vacío.
 - SA30- Interruptor de control de la tensión de la red y del transformador de soldadura.
- ✓ **Destino de los mecanismos de indicación:**
- HL1- Presencia de tensión a la entrada de QF1.
 - HL11- Presencia de tensión a la salida de QF1.
 - HL2- La red (en la pantalla de operador).
 - HL3- Listo (preparado de la máquina de soldar para el comienzo del ciclo de soldadura).
 - HL4- Preparado del CI para soldar (la terminación del grupo de las operaciones de la instalación de los mecanismos del CI antes de la soldadura).
 - HL5- Preparado del CM para soldar (la terminación del grupo de las operaciones de la instalación de los mecanismos del CM antes de la soldadura).
 - HL6- Posición inicial o de partida del CM.
 - HL7- Los electrodos del CM están apretados.
 - HL8- Los electrodos del CI están apretados.

ANEXOS

- HL9- La norma (la junta buena, los parámetros de la junta al acabar la soldadura están dentro de los límites tolerables).
 - HL10- El defecto (la junta no es buena, los parámetros de la junta al acabar la soldadura están fuera de los límites tolerables).
 - VH5- Preparación de encendido interruptor automático de entrada.
 - VH4- Desconexión de emergencia de la pantalla de operador.
 - VH3- Desconexión de emergencia del botón de la cabina de fuerza.
 - VH2- Arranque del bloqueo de puerta de las cabinas del sistema de mando.
 - VH1- Arranque del nudo del control de la ruptura del aislamiento.
 - PV1- Voltímetro de control de la tensión de la red de alimentación y del transformador de soldar.
 - PA1- Control de corriente en el devanado primario del transformador de soldar.
- ✓ **Destino de los aparatos ejecutivos, electroválvulas:**
- YA1- Estación hidráulica-el mando de desplazamiento (la presión baja).
 - YA2- Estación hidráulica-los mecanismos auxiliares (la presión alta).
 - YA3- Encendido de la válvula de asentamiento, desplazamiento del CM adelante.
 - YA4- Desconexión de la válvula de asentamiento, desplazamiento del CM hacia atrás.
 - YA5- Apretamiento de los electrodos del CM.
 - YA6- Desapretamiento de los electrodos del CM.
 - YA7- Reunión de los rodillos de centrado a la entrada.
 - YA8- Descenso del rodillo elevador a la entrada.
 - YA9- Reunión de los cuchillos quitarebarba.
 - YA10- Separación de los cuchillos quitarebarba.
 - YA11- Apretamiento de los electrodos del CI.
 - YA12- Desapretamiento de los electrodos del CI.
 - YA13- Reunión de las compuertas.

ANEXOS

- YA14- Separación de las compuertas.
 - YA15- Descenso del rodillo elevador a la salida.
 - YA16- Reunión de los rodillos de centrado a la salida.
 - K4- Relé de corrección vertical arriba.
 - K5- Relé de corrección vertical abajo.
 - K6- Relé de corrección horizontal alejándose.
 - K7- Relé de corrección horizontal acercándose.
 - K8- Relé del bloqueo de soldadura de línea.
 - K9- Relé del bloqueo de soldadura en línea.
 - 3C1- La concha hidráulica proporcional de mando de desplazamiento del CM.
- ✓ **Destino de los captadores:**
- Ф4- Filtro de aceite.
 - Ф5- Filtro de aceite.
 - PД1- Relé de presión (AK1).
 - PД2- Relé de presión de la bomba (AK2).
 - Term- Captador de control de la temperatura del aceite.
 - ДД2- Captador de presión en el cilindro de apretamiento del CM.
 - ДД3- Captador de presión en el cilindro de apretamiento del CI.
 - ДД4- La presión en el AK2.
 - ДД5- La presión en el AK1.
 - SQ1- Rodillo elevador a la salida elevado.
 - SQ2- Compuerta derecha básica evacuada.
 - SQ3- Compuerta derecha básica suministrada.
 - SQ4- Compuerta izquierda evacuada.
 - SQ5- Compuerta izquierda suministrada.
 - SQ6- Electrodo del CI desapretado.
 - SQ7- Centrado horizontal en la posición derecha.
 - SQ8- Centrado horizontal en la posición nominal.
 - SQ9- Centrado horizontal en la posición izquierda.

ANEXOS

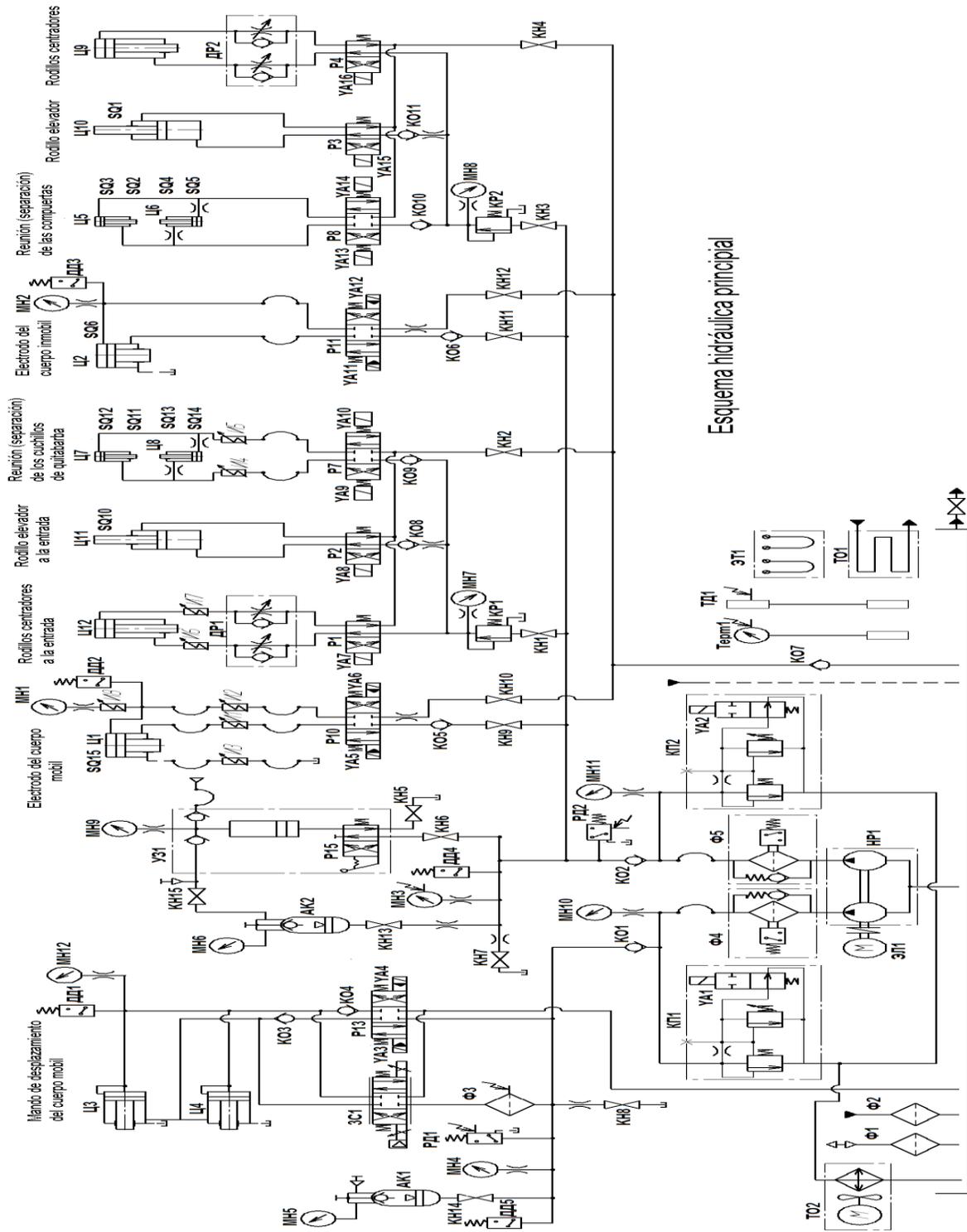
- SQ10- Rodillo elevador a la entrada elevado.
 - SQ11- Cuchillo derecho de base del CM evacuado.
 - SQ12- Cuchillo derecho de base del CM suministrado.
 - SQ13- Cuchillo derecho del CM evacuado.
 - SQ14- Cuchillo derecho del CM suministrado.
 - SQ15- Electrodo del CM desapretado.
 - SQ16- Centrado vertical en la posición arriba.
 - SQ17- Centrado vertical en la posición nominal.
 - SQ18- Centrado vertical en la posición abajo.
 - ДП- Captador resistivo de control de la posición del CM.
 - MH1- Presión en el cilindro Ц1 del mando del electrodo del CM.
 - MH2- Presión en el cilindro Ц2 del mando del electrodo del CI.
 - ДД1- Captador de control de presión en la cavidad del émbolo de los cilindros de asentamiento Ц3 y Ц4 del mando de desplazamiento del CM.
 - KK1- Sobrecalentamiento del transformador de soldar superior.
 - KK2- Sobrecalentamiento del transformador de soldar inferior.
 - SQ30- El cuchillo trasero quitarebarba está separado.
- ✓ **Destino de los cilindros hidráulicos:**
- Ц1- Electrodo del cuerpo móvil.
 - Ц2- Electrodo del cuerpo inmóvil.
 - Ц3- Desplazamiento del cuerpo móvil.
 - Ц4- Desplazamiento del cuerpo móvil.
 - Ц5- Compuerta derecha básica del cuerpo inmóvil.
 - Ц6- Compuerta izquierda del cuerpo inmóvil.
 - Ц7- Cuchillo derecho de base del cuerpo móvil.
 - Ц8- Cuchillo derecho del cuerpo móvil.
 - Ц9- Rodillos centradores a la salida.
 - Ц10- Rodillo elevador a la salida.
 - Ц11- Rodillo elevador a la entrada.
 - Ц12- Rodillos centradores a la entrada.

ANEXOS

Tabla 1. Acciones emprendidas por cilindros hidráulicos, captadores y electroválvulas.

Nº	Operación o mecanismo ejecutivo	Posición de los mecanismos de trabajo	Tipo del mando	Posición del stock	Los captadores de control	Electro-magnitos	Estado de los captadores en la posición inicial
1	Rodillo elevador a la salida	Elevado	II10 D=50, d=32 L=60	Adelantado	SQ 1		●
		Descensado		Metido por dentro		YA15	
2	Rodillos centradores a la salida	Separados	II9 D=50, d=25 L=80	Metido por dentro			
		Reunidos		Adelantado		YA16	
3	Compuerta derecha básica	Evacuado	II5 D=30, d=16 L=75	Metido por dentro	SQ2	YA14	●
		Suministrado		Adelantado	SQ3	YA13	○
4	Compuerta izquierda	Evacuado	II6 D=28, d=16 L=75	Metido por dentro	SQ 4	YA14	●
		Suministrado		Adelantado	SQ 5	YA13	○
5	Electrodo	Desapretado	II2 D=320, d=125 L=60	Metido por dentro	SQ 6	YA12	●
		Apretado		Adelantado		YA11	
6	Mando de centrado horizontal	Derecho	Electromecanico M2, 0,75κBA, 1500giros/min		SQ 7		○
		Nominal			SQ 8		●
		Izquierdo			SQ 9		○
7	Rodillo elevador	Elevado	II11 D=50, d=32 L=60	Adelantado	SQ10		●
		Descensado		Metido por dentro		YA8	
	Rodillos centradores a la entrada	Separados	II12 D=50, d=25 L=80	Metido por dentro			
		Reunidos		Adelantado		YA7	
8	Cuchillo derecho de base	Evacuado	II7 D=30, d=16 L=75	Metido por dentro	SQ11	YA10	●
		Suministrado		Adelantado	SQ12	YA9	○
9	Cuchillo derecho	Evacuado	II8 D=28, d=16 L=75	Metido por dentro	SQ13	YA10	●
		Suministrado		Adelantado	SQ14	YA9	○
10	Electrodo	Desapretado	II1 D=320, d=125 L=60	Metido por dentro	SQ15	YA 6	●
		Apretado		Adelantado		YA 5	
11	Mando del centrado vertical	De arriba	Electromecanico M1, 1κBA, 1000giros/min		SQ16		○
		Nominal			SQ17		●
		De abajo			SQ18		○
12	El mando de desplazamiento del cuerpo mobil por los cilindros de asentamiento	Inicial	II3 II4 D=160, d=80 L=100	Metido por dentro			
		Fusion		Adelantado	ДП	3C1	
		Asentamiento		Adelantado		YA3	
		Corte de barba		Adelantado	ДП	3C1	

Anexo IV Estructura, composición y funcionamiento del sistema hidráulico.



ANEXOS

Composición:

- ✓ Un tanque con capacidad de 350 litros y una bomba HP1 que suministra el líquido de trabajo al sistema hidráulico de la máquina.
- ✓ Los filtros de presión $\Phi 4$, $\Phi 5$ realizan la filtración del líquido de trabajo en el sistema hidráulico, $\Phi 1$ purifica el aire que entra al tanque y $\Phi 2$ es de llenado.
- ✓ El AK1 mantiene la velocidad necesaria del asentamiento y el AK2 conserva la presión en los cilindros hidráulicos $\zeta 10$ y $\zeta 11$ de los rodillos elevadores mientras está encendida la instalación de bombeo.
- ✓ Los distribuidores hidráulicos con el mando electrohidráulico P10 y P12 operan el trabajo de los $\zeta 1$ y $\zeta 2$ que aprietan los carriles.
- ✓ El P13 enciende el asentamiento ($\zeta 3$ y $\zeta 4$).
- ✓ Los P1 y P4 gobiernan el mando de los $\zeta 12$ y $\zeta 9$ de centrado horizontal de los carriles (sobre las madrinas portátiles).
- ✓ Los P2 y P3 gobiernan el mando de los $\zeta 11$ y $\zeta 10$ de la elevación de los carriles durante la transportación.
- ✓ El P8 para el mando de los $\zeta 5$ y $\zeta 6$ de unión y separación de las compuertas.
- ✓ El P7 para el mando de los $\zeta 7$ y $\zeta 8$ de unión y separación de los cuchillos quitarebarba.
- ✓ La válvula de seguridad KP1 regula la presión en el sistema del asentamiento.
- ✓ La válvula de seguridad KP2 regula la presión en el sistema de las abrazaderas.
- ✓ Las válvulas reductoras KP1 y KP2 regulan la presión en los cilindros quitarebarba, en los rodillos elevadores y de centrado y en los cilindros de unión y separación de las compuertas.
- ✓ Los manómetros de contacto eléctrico MH3 y MH4 controlan la presión en las cavidades del aceite de los acumuladores AK2 y AK1 respectivamente.
- ✓ Los manómetros de contacto eléctrico MH1 y MH2 controlan la presión en la cavidad del émbolo de los $\zeta 1$ y $\zeta 2$ respectivamente.
- ✓ Los relés de presión PД1 y PД2 controlan el trabajo de la central hidroeléctrica con el objetivo de no permitir la sobrecarga de la bomba.

ANEXOS

- ✓ Las bobinas ДР1 y ДР2 regulan la velocidad de respuesta de los rodillos de centrado a la entrada y a la salida de la máquina.
- ✓ El termopermutador ТО1 enfría el aceite en el tanque de la central hidroeléctrica.
- ✓ El bloque de los calentadores eléctricos ЭТ1 calientan el aceite en el tanque.

Funcionamiento:

- ✓ Al encender el motor ЭЛ1, la bomba НР1 inyecta el líquido de trabajo al sistema hidráulico. Cuando los electroimanes YA1 y YA2 son cortados de la corriente, ocurre descarga libre del líquido de trabajo a través de las válvulas de seguridad al tanque de la central hidroeléctrica. Para suministrar la presión al sistema hidráulico es necesario encender los electroimanes YA1 y YA2 de las válvulas de seguridad.
- ✓ La válvula de seguridad КР1 se ajusta a la presión de 15MPa. El control de la presión se realiza por el manómetro МН10.
- ✓ La válvula de seguridad КР2 se ajusta a la presión de 18MPa. El control de la presión se realiza por el manómetro МН11.
- ✓ Los grifos КН13 y КН14 de los acumuladores deben ser cerrados.
- ✓ La presión en los cilindros de los cuchillos quitarebarba, de los rodillos de centrado y del rodillo elevador a la entrada se determina por el ajuste de la válvula reductora КР1 y es 10MPa, se difiere durante el ajuste. El control de la presión es por el manómetro МН7.
- ✓ La presión en los cilindros de unión y separación de las compuertas, de los rodillos de centrado y del rodillo elevador a la salida se determina por el ajuste de la válvula reductora КР2 y es 10MPa, se difiere durante el ajuste. El control de la presión es por el manómetro МН8.
- ✓ El mando de los Ц3 y Ц4 mientras se están soldando los carriles se realiza por la concha avizoradora ЗС1, el asentamiento se enciende por el P13.
- ✓ Para la consecución de la velocidad necesaria del asentamiento en el esquema está previsto el АК1 neumohidráulico de capacidad de 16 litros.

ANEXOS

- ✓ El volumen de maniobra necesario se consigue cargando el acumulador con nitrógeno hasta la presión de 14MPa. El AK2 se carga con nitrógeno hasta la presión de 17MPa.
- ✓ Para un uso más completo del nitrógeno de los balones estandarizados en la central hidroeléctrica está montado el mecanismo de carga Y31, que permite comprimir el nitrógeno en los AK1 y AK2 con la ayuda de la instalación de bombeo genuina. El mecanismo de carga se conecta al AK2 situado en la estación del mando hidráulico.
- ✓ Después de encendido YA1 y YA2 y la abertura de los grifos KH13 y KH14 se pasa a cargar los AK1 y AK2. Al conseguir la presión de 15MPa en AK1 y 18MPa en AK2 los manómetros de contacto eléctrico MH4 y MH3 entran en juego y encienden los electroimanes de las válvulas de seguridad.
- ✓ Ocurre descargo libre del aceite al tanque que preserva el sobrecalentamiento del aceite.
- ✓ Durante de disminución de la presión en el AK1 hasta 14,5MPa y en el AK2 hasta 17,5MPa entran en juego de nuevo los manómetros MH4, MH3 conformemente y encienden la bomba según el cargamento. Para la descarga de los acumuladores durante los trabajos de reparación están montados los grifos esféricos KH7 y KH8.

ANEXOS

Anexo V Características de los módulos de expansión del PLC.

- ✓ **SM 321 DI 32xDC24V** (Ver figura 1):
 - Referencia: 6ES7 321-1BL00-0AA0.
 - Módulos de 32 entradas digitales con separación galvánica en grupos de 16.
 - Apropriado para interruptores y detectores de proximidad a 2/3/4 hilos.
 - Tensión nominal de entrada: 24V DC.
 - LED de estado de entrada digital verde.
 - Dimensiones: ancho 40mm, altura 125mm, profundidad 120mm.
 - Peso: 260g.



Figura 1. Módulo SM 321 DI 32xDC24V.

- ✓ **SM 322 DO 8xRel AC230V** (Ver figura 2):
 - Referencia: 6ES7 322-1HF01-0AA0.
 - Módulo de 8 salidas digitales por relés con separación galvánica en grupos de 2.
 - Permite conectar electroválvulas, contactores, pequeños motores, lámparas y arrancadores de motor tanto de corriente continua como alterna.
 - Tensión de carga 24V a 120V c.c., 48V a 230V c.a.
 - LED de estado de salida digital verde.
 - Dimensiones: Ancho 40mm, Altura 125mm, Profundidad 120mm
 - Peso: 320g

ANEXOS

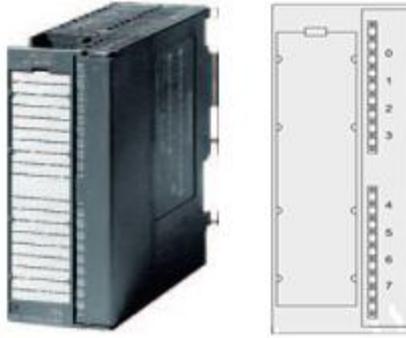


Figura 2. Módulo SM 322 DO 8xRel AC230V.

- ✓ **SM 331 AI 8x16Bit** (Ver figura 3):
 - Referencia: 6ES7 331-7NF00-0AB0.
 - Módulo de 8 entradas analógicas formando 4 grupos de canales.
 - Resolución incluyendo signo: 16 bit.
 - Tipo de medición ajustable por grupo de canales: tensión e intensidad.
 - Para conectar sensores con señal de tensión y de corriente, termopares, resistencias y termoresistencias.
 - Dimensiones: Ancho 40mm, Altura 125mm, Profundidad 120mm.
 - Peso: 250g.



Figura 3. Módulo SM 331 AI 8x16Bit.

- ✓ **SM 331 AI 8x14Bit** (Ver figura 4):
 - Referencia 6ES7 331-7HF01-0AB0.
 - Módulo de 8 entradas analógicas formando 4 grupos de canales.

ANEXOS

- Resolución incluyendo signo: 14 bit.
- Tipo de medición ajustable por cada grupo de canales: tensión e intensidad.
- Para conectar sensores con señal de tensión y de corriente, termopares, resistencias y termoresistencias.
- Soporta modo isócrono.
- Tiempo de conversión básico por canal: 52 μ s.
- Dimensiones: Ancho 40mm, Altura 125mm, Profundidad 120mm.
- Peso: 250g.



Figura 4. Módulo SM 331 AI 8x14Bit.

ANEXOS

Anexo VI Algunas ventanas del SCADA.

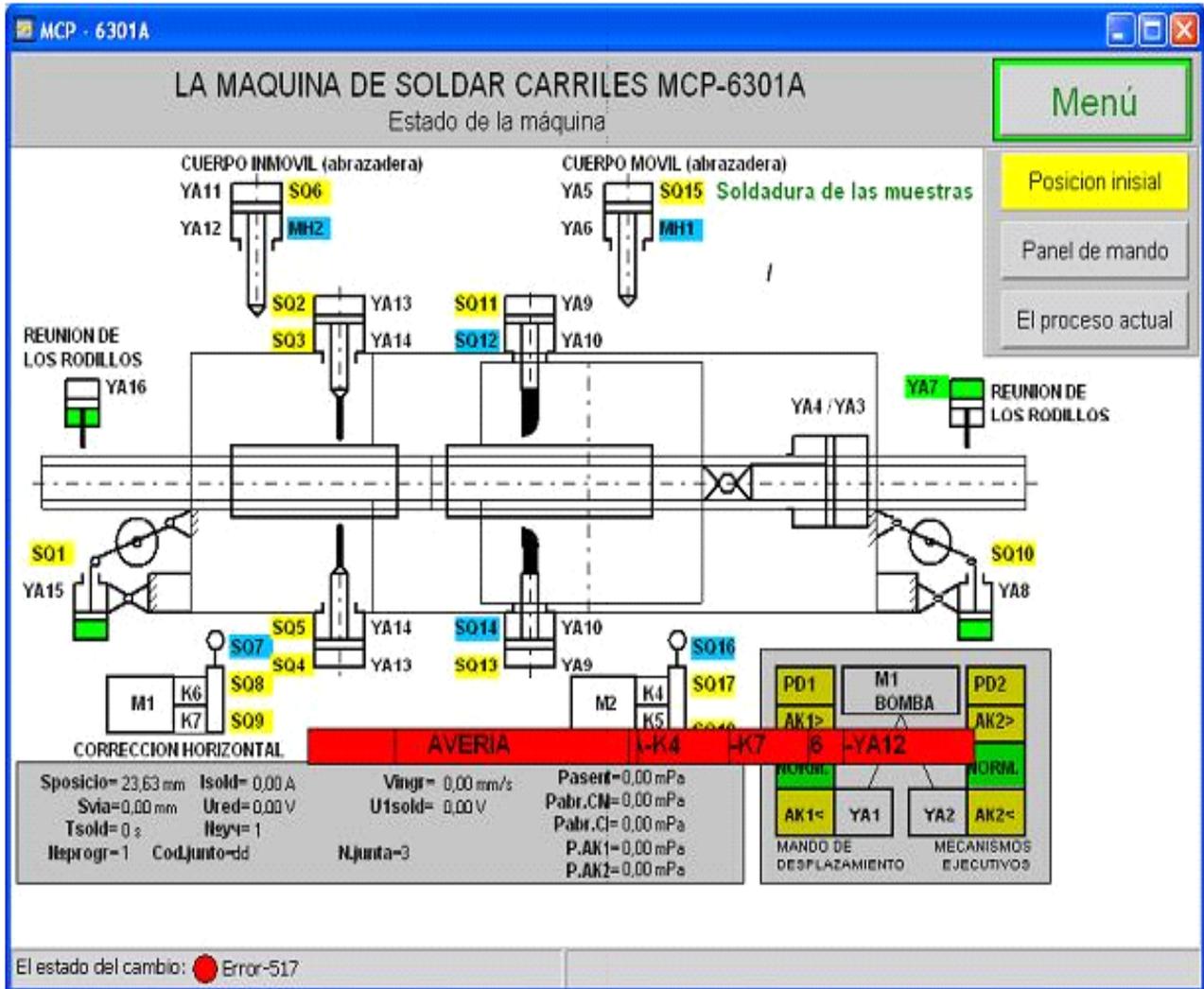


Figura 1. Ventana del estado de la máquina de soldar.

ANEXOS

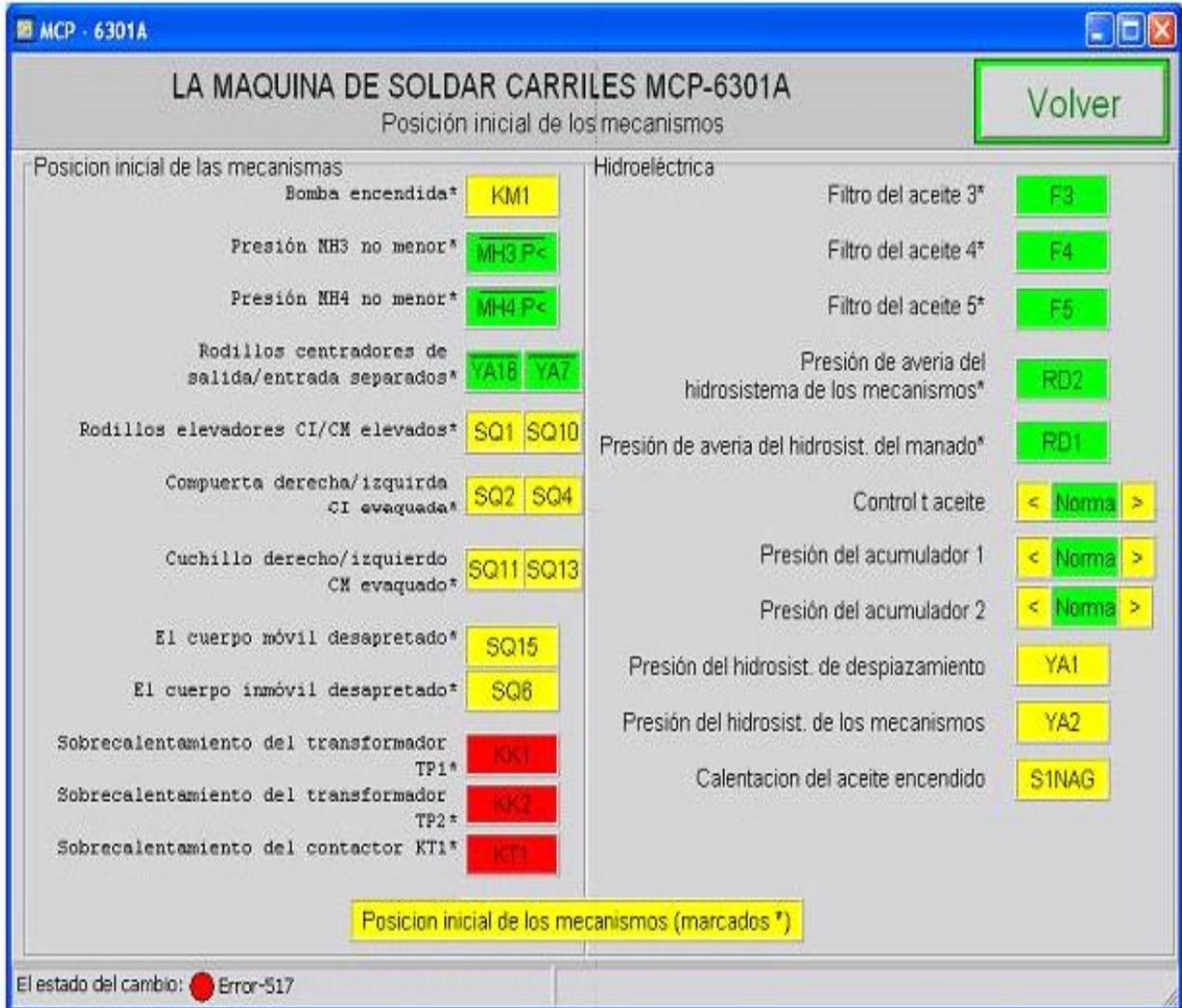


Figura 2. Ventana de posiciones iniciales y del estado de central hidroeléctrica.

ANEXOS

Anexo VII SIEMENS USB/PPI Multi-Master Cable.

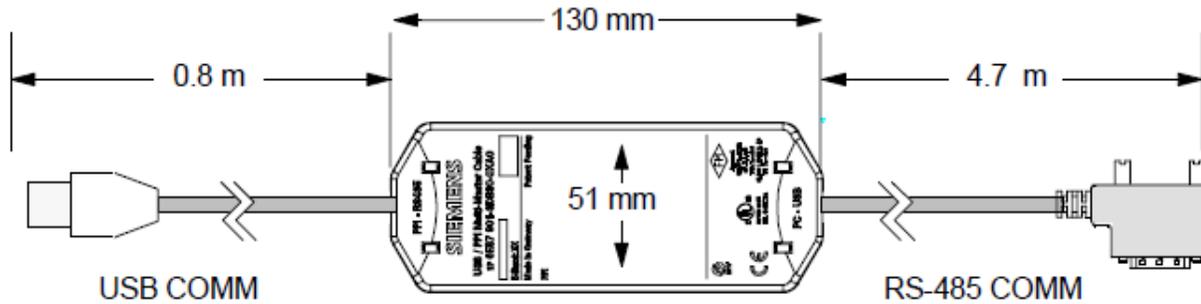


Figura 1. SIEMENS USB/PPI Multi-Master Cable.

Tabla 1. Descripción de las señales de los pines de salida de los conectores USB y RS-485.

RS-485 Connector Pin-out		USB Connector Pin-out	
Pin Number	Signal Description	Pin Number	Signal Description
1	No connect	1	USB - DataP
2	24 V Return (RS-485 logic ground)	2	USB - DataM
3	Signal B (Rx/D/TxD+)	3	USB 5V
4	RTS (TTL level)	4	USB logic ground
5	No connect		
6	No connect		
7	24 V Supply		
8	Signal A (Rx/D/TxD-)		
9	Protocol select (low = 10 bit)		

Tabla 2. Indicación de los LED de diagnóstico.

LED	Color	Descripción
Tx	Verde	Indicador de transmisión USB
Rx	Verde	Indicador de recepción USB
PI	Verde	Indicador de transmisión RS-485

ANEXOS

Anexo VIII Tabla de direcciones de las señales de E/S del PLC S7-300.

PLC	#	Dirección	Tipo	Descripción	Proveniente	Destino
AD1.5	3,4	AEW0	AI	Control de la corriente de soldadura (I)		
AD1.5	5,7	AEW2	AI	Transpulsión por corriente (I)		
AD1.5	9,10	AEW4	AI	U1 de tiristores de soldar (U)		
AD1.5	12	AEW6	AI	Control de presión en el cilindro de desplazamiento (I)		
AD1.5	14,15	AEW8	AI	Control de temperatura (Pt100)	Hidroelectrocentral	
AD1.6	16	AAW0	AO	Mando del distribuidor proporcional (U)		Bloque electrónico de mando del hidrodistribuidor
AD1.6	18	AAW2	AO	Ingreso de tensión de soldadura (U)		Bloque electrónico de mando del hidrodistribuidor
AD1.1	2	E0.0	DI	Elevación del rodillo a la salida del CI	Pantalla, SA1 ARRIBA	
AD1.1	3	E0.1	DI	Descenso del rodillo a la salida del CI	Pantalla, SA1 ABAJO	
AD1.1	4	E0.2	DI	Elevación del rodillo a la entrada del CM	Pantalla, SA2 ARRIBA	
AD1.1	5	E0.3	DI	Descenso del rodillo a la entrada del CM	Pantalla, SA2 ABAJO	
AD1.1	6	E0.4	DI	Acercamiento de las compuertas del CI	Pantalla, SA3 SUMINISTRO	
AD1.1	7	E0.5	DI	Separación de las compuertas del CI	Pantalla, SA3 EVACUACION	
AD1.1	8	E0.6	DI	Acercamiento de los cuchillos del CM	Pantalla, SA4 ADELANTE	
AD1.1	9	E0.7	DI	Separación de los cuchillos del CM	Pantalla, SA4 ATRAS	
AD1.2	12	E1.0	DI	Aproximación de los rodillos centradores a la salida del CI	Pantalla, SA5 APROXIMACION	
AD1.2	13	E1.1	DI	Separación de los rodillos centradores a la salida del CI	Pantalla, SA5 SEPARACION	
AD1.2	14	E1.2	DI	Aproximación de los rodillos centradores a la entrada del CM	Pantalla, SA6 APROXIMACION	
AD1.2	15	E1.3	DI	Separación de los rodillos centradores a la entrada del CM	Pantalla, SA6 SEPARACION	
AD1.2	16	E1.4	DI	Apretar los electrodos del CI	Pantalla, SA7 APRETADO	
AD1.2	17	E1.5	DI	Desapretar los electrodos del CI	Pantalla, SA7 DESAPRETADO	
AD1.2	18	E1.6	DI	Apretar los electrodos	Pantalla, SA8	

ANEXOS

				del CM	APRETADO	
AD1.2	19	E1.7	DI	Desapretar los electrodos del CM	Pantalla, SA8 DESAPRETADO	
AD1.3	22	A0.0	DO	Preparado para la soldadura		Pantalla, HL3
AD1.3	23	A0.1	DO	CI listo para la soldadura		Pantalla, HL4
AD1.3	24	A0.2	DO	CM listo para la soldadura		Pantalla, HL5
AD1.3	25	A0.3	DO	CM cumple la condición inicial		Pantalla, HL6
AD1.3	26	A0.4	DO	Electrodos apretados del CM		Pantalla, HL7
AD1.3	27	A0.5	DO	Electrodos apretados del CI		Pantalla, HL8
AD1.3	28	A0.6	DO	Norma		Pantalla, HL9
AD1.3	29	A0.7	DO	Defecto		Pantalla, HL10
AD1.4	32	A1.0	DO	Marcha del contactador		
AD1.4	33	A1.1	DO	Bomba encendida de la hidroelectrocentral		Hidroelectrocentral
AD1.4	34	A1.2	DO	Encendido de desplazamiento		CM
AD1.4	35	A1.3	DO	Desconexión de desplazamiento		CM
AD1.4	36	A1.4	DO	Permiso de mando de la hidrocorredera		
AD1.4	37	A1.5	DO	Permiso de calentamiento del aceite de la hidroelectrocentral		Hidroelectrocentral
AD1.4	38	A1.6	DO	Encendido del motor de enfriamiento de la hidroelectrocentral		Hidroelectrocentral
AD1.4	39		DO	Disponible		
AD2.1	2	E2.0	DI	Aproximación del CM	Pantalla, SA9 APROXIMACION	
AD2.1	3	E2.1	DI	Separación del CM	Pantalla, SA9 SEPARACION	
AD2.1	4	E2.2	DI	Soldadura de las muestras*	Pantalla, SA10 SOLDADURA DE MUESTRAS	
AD2.1	5	E2.3	DI	Salida a la posición inicial o de partida	Pantalla, SA10 LA SALIDA A LA POSICION DE PARTIDA	
AD2.1	6	E2.4	DI	Corrección arriba	Pantalla, SA11 ARRIBA	
AD2.1	7	E2.5	DI	Corrección abajo	Pantalla, SA11 ABAJO	
AD2.1	8	E2.6	DI	Corrección alejándose	Pantalla, SA12 ALEJANDOSE	
AD2.1	9	E2.7	DI	Corrección	Pantalla, SA12	

ANEXOS

				acercándose	ACERCANDOSE	
AD2.2	12	E3.0	DI	Régimen semiautomático	Pantalla, SA13 SEMIAUTOMATICO	
AD2.2	13	E3.1	DI	Régimen manual	Pantalla, SA13 MANUAL	
AD2.2	14	E3.2	DI	Encender bomba	Pantalla, SA14 ENCENDIDA	
AD2.2	15	E3.3	DI	Apagar o desconectar bomba	Pantalla, SA15 APAGADA	
AD2.2	16	E3.4	DI	Marcha del CI	Pantalla, SA16 MARCHA	
AD2.2	17	E3.5	DI	Stop del CI	Pantalla, SA17 STOP	
AD2.2	18	E3.6	DI	Marcha del CM	Pantalla, SA18 MARCHA	
AD2.2	19	E3.7	DI	Stop del CM	Pantalla, SA19 STOP	
AD2.3	22	E4.0	DI	Encender soldadura	Pantalla, SA20 ENCENDIDA	
AD2.3	23	E4.1	DI	Stop soldadura	Pantalla, SA21 STOP	
AD2.3	24	E4.2	DI	Encendido de la corriente (ON)*	SA22	
AD2.3	25	E4.3	DI	Encendido de desplazamiento (ON)*	SA23	
AD2.3	26	E4.4	DI	Encendido test (ON)*	SA24	
AD2.3	27	E4.5	DI	Bomba encendida de la hidroelectrocentral (ON)	Hidroelectrocentral	
AD2.3	28	E4.6	DI	Prohibición del ciclo desde línea		
AD2.3	29	E4.7	DI	Encendido del calentamiento del aceite de la hidroelectrocentral (ON)	Hidroelectrocentral	
AD2.4	32		DI	Disponible		
AD2.4	33		DI	Disponible		
AD2.4	34	E5.0	DI	Filtro de corredera proporcional	Φ3 del mecanismo de soldar	
AD2.4	35		DI	Disponible		
AD2.4	36		DI	Disponible		
AD2.4	37		DI	Disponible		
AD2.4	38		DI	Disponible		
AD2.4	39	E5.1	DI	Marcha en vacío*	SA25	
AD3.1	2	E6.0	DI	Filtro 4	Φ4 de la hidroelectrocentral	
AD3.1	3	E6.1	DI	Filtro 5	Φ5 de la hidroelectrocentral	
AD3.1	4	E6.2	DI	Relé AK2 P>>	hidroelectrocentral	
AD3.1	5	E6.3	DI	Control de la temperatura del aceite	hidroelectrocentral	

ANEXOS

				(máx.)		
AD3.1	6	E6.4	DI	Control de la temperatura del aceite (mín.)	hidroelectrocentral	
AD3.1	7	E6.5	DI	Sobrecalentamiento del motor de enfriamiento	QF11	
AD3.1	8		DI	Disponible		
AD3.1	9	E6.6	DI	Presión del acumulador 1 P>>	Mecanismo de soldar	
AD3.2	12		DI	Disponible		
AD3.2	13		DI	Disponible		
AD3.2	14	E6.7	DI	Sobrecalentamiento TP1	KK1	
AD3.2	15	E7.0	DI	Sobrecalentamiento TP2	KK2	
AD3.2	16	E7.1	DI	Rodillo elevado a la salida	SQ1 del mecanismo de soldar	
AD3.2	17	E7.2	DI	Compuerta derecha evacuada del CI	SQ2 del mecanismo de soldar	
AD3.2	18	E7.3	DI	Compuerta derecha suministrada del CI	SQ3 del mecanismo de soldar	
AD3.2	19	E7.4	DI	La temperatura del contactador	KT1	
AD3.3	22	E7.5	DI	Compuerta izquierda evacuada del CI	SQ4 del mecanismo de soldar	
AD3.3	23	E7.6	DI	Compuerta izquierda suministrada del CI	SQ5 del mecanismo de soldar	
AD3.3	24	E7.7	DI	Electrodo desapretado del CI	SQ6 del mecanismo de soldar	
AD3.3	25	E8.0	DI	Corrección horizontal posición derecha del CI	SQ7 del mecanismo de soldar	
AD3.3	26	E8.1	DI	Corrección horizontal posición nominal del CI	SQ8 del mecanismo de soldar	
AD3.3	27	E8.2	DI	Corrección horizontal posición izquierda del CI	SQ9 del mecanismo de soldar	
AD3.3	28	E8.3	DI	Rodillo elevador levantado a la entrada del CM	SQ10 del mecanismo de soldar	
AD3.3	29	E8.4	DI	Cuchillo derecho evacuado del CM	SQ11 del mecanismo de soldar	
AD3.4	32	E8.5	DI	Cuchillo derecho suministrado del CM	SQ12 del mecanismo de	

ANEXOS

					soldar	
AD3.4	33	E8.6	DI	Cuchillo izquierdo evacuado del CM	SQ13 del mecanismo de soldar	
AD3.4	34	E8.7	DI	Cuchillo izquierdo suministrado del CM	SQ14 del mecanismo de soldar	
AD3.4	35	E9.0	DI	Electrodo desapretado del CM	SQ15 del mecanismo de soldar	
AD3.4	36	E9.1	DI	Corrección vertical posición superior del CM	SQ16 del mecanismo de soldar	
AD3.4	37	E9.2	DI	Corrección vertical posición nominal del CM	SQ17 del mecanismo de soldar	
AD3.4	38	E9.3	DI	Corrección vertical posición inferior del CM	SQ18 del mecanismo de soldar	
AD3.4	39		DI	Disponible		
AD4	3	A2.2	DO	Apretar electrodos del CM		YA5 del mecanismo de soldar
AD4	5	A2.1	DO	Desapretar electrodos del CM		YA6 del mecanismo de soldar
AD4	7	A2.2	DO	Acercamiento de los rodillos centradores a la entrada		YA7 del mecanismo de soldar
AD4	9	A2.3	DO	Descenso del rodillo elevador a la entrada		YA8 del mecanismo de soldar
AD4	12	A2.4	DO	Acercamiento de los cuchillos quitarebarba		YA9 del mecanismo de soldar
AD4	14	A2.5	DO	Separación de los cuchillos quitarebarba		YA10 del mecanismo de soldar
AD4	16	A2.6	DO	Apretar electrodos del CI		YA11 del mecanismo de soldar
AD4	18	A2.7	DO	Desapretar electrodos del CI		YA12 del mecanismo de soldar
AD5	3	A3.0	DO	El mando de desplazamiento (presión baja)		YA1 hidroelectrocentral
AD5	5	A3.1	DO	Mecanismos auxiliares (presión alta)		YA2 hidroelectrocentral
AD5	7	A3.2	DO	Acercamiento de las compuertas del CI		YA13 del mecanismo de soldar
AD5	9	A3.3	DO	Separación de las		YA14 del

ANEXOS

				compuertas del CI		mecanismo de soldar
AD5	12	A3.4	DO	Descenso del rodillo elevador a la salida		YA15 del mecanismo de soldar
AD5	14	A3.5	DO	Acercamiento de los rodillos centradores a la salida		YA16 del mecanismo de soldar
AD5	16		DO	Disponible		
AD5	18		DO	Disponible		
AD6	3	A4.0	DO	Corrección vertical arriba		K4
AD6	5	A4.1	DO	Corrección vertical abajo		K5
AD6	7	A4.2	DO	Corrección horizontal alejándose		K6
AD6	9	A4.3	DO	Corrección horizontal acercándose		K7
AD6	12	A4.4	DO	Señal a la línea (bloqueo de soldadura)		K9
AD6	14		DO	Disponible		
AD6	16		DO	Disponible		
AD6	18		DO	Disponible		
AD7.1	2,3		AI	Disponible		
AD7.1	22,23	AE0.5	AI	Señal del captador de posición	Captador de posición	
AD7.1	4,5		AI	Disponible		
AD7.1	24,25	AE0.6	AI	Control de tensión de la red		
AD7.1	6,7		AI	Disponible		
AD7.1	26,27		AI	Disponible		
AD7.1	8,9		AI	Disponible		
AD7.1	28,29		AI	Disponible		
AD7.2	12,13		AI	Disponible		
AD7.2	32,33		AI	Disponible		
AD7.2	14,15		AI	Disponible		
AD7.2	34,35		AI	Disponible		
AD7.2	16,17		AI	Disponible		
AD7.2	36,37		AI	Disponible		
AD7.2	18,19		AI	Disponible		
AD7.2	38,39		AI	Disponible		
AD8.1	2,3	AEW10	AI	Presión en el cilindro de apretamiento de bancada móvil	MH1	
AD8.1	4,5	AEW12	AI	Presión en el cilindro de apretamiento de bancada inmóvil	MH2	
AD8.1	6,7	AEW14	AI	Presión en el acumulador AK1	MH4	
AD8.1	8,9	AEW16	AI	Presión en el acumulador AK2	MH3	

ANEXOS

AD8.2	12,13		AI	Disponible		
AD8.2	14,15		AI	Disponible		
AD8.2	16,17		AI	Disponible		
AD8.2	18,19		AI	Disponible		

*Al girar el interruptor SA10 a la posición "Soldadura de las muestras", el ciclo de soldadura se realiza sin reunión de los rodillos centradores.

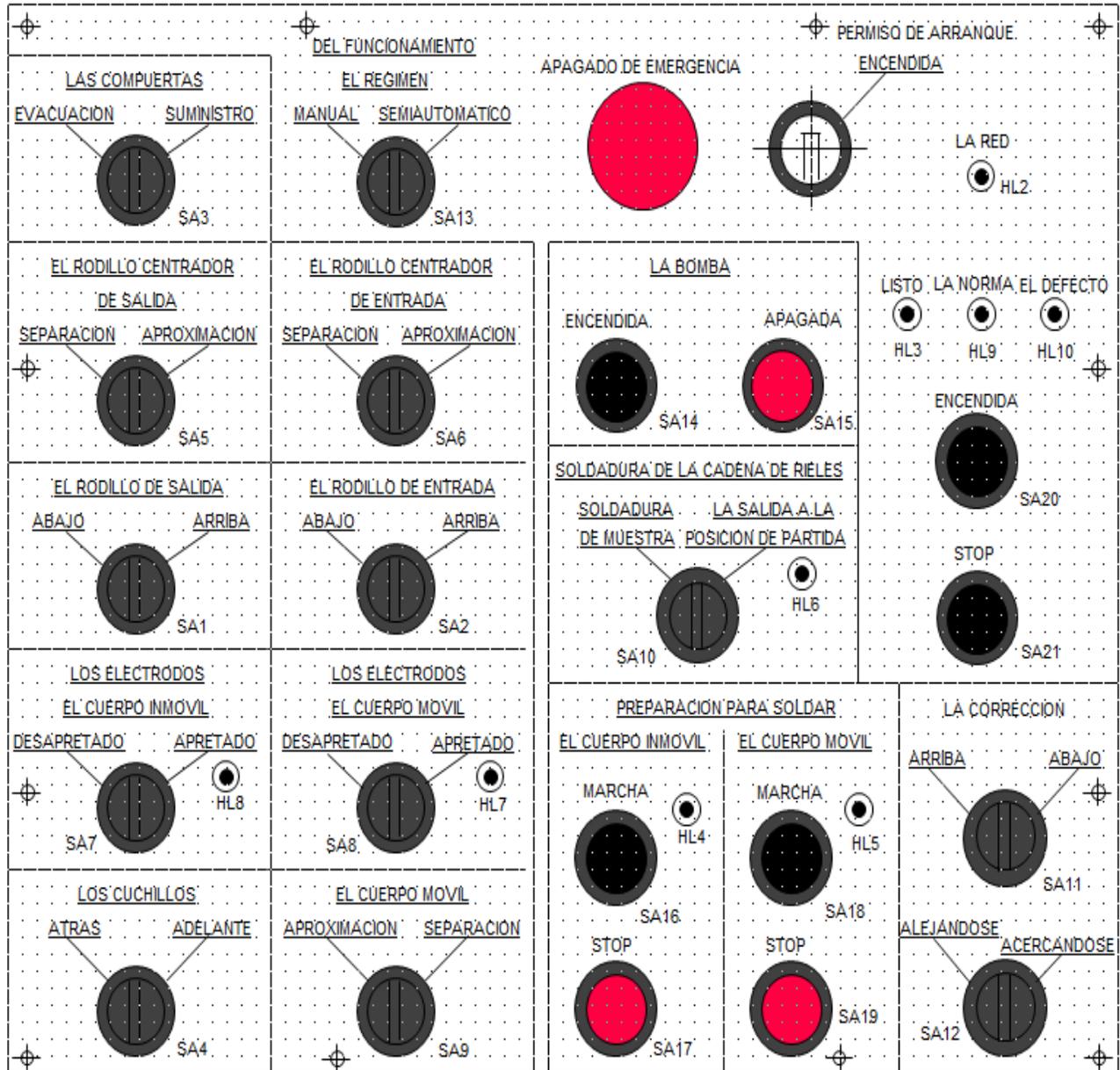
*La conmutación del interruptor SA25 a la posición "Marcha en vacío" permite encender el régimen de la marcha en vacío. Al encender "Marcha en vacío" la lectura de la vía de derretimiento se realiza enseguida de la separación.

*Los botones "Corriente", "Asentamiento", que están situados en el panel interno de la cabina de mando, están destinados para encender la corriente y el asentamiento conformemente en el régimen manual.

*El botón "Test", que está situado en el panel interno de la cabina de mando, abastece el encendido del régimen "Test", la comprobación de la velocidad de operación del mando hidráulico, mientras los parámetros de mando se fijan en el sistema de diagnóstico con la discreción 0.02s.

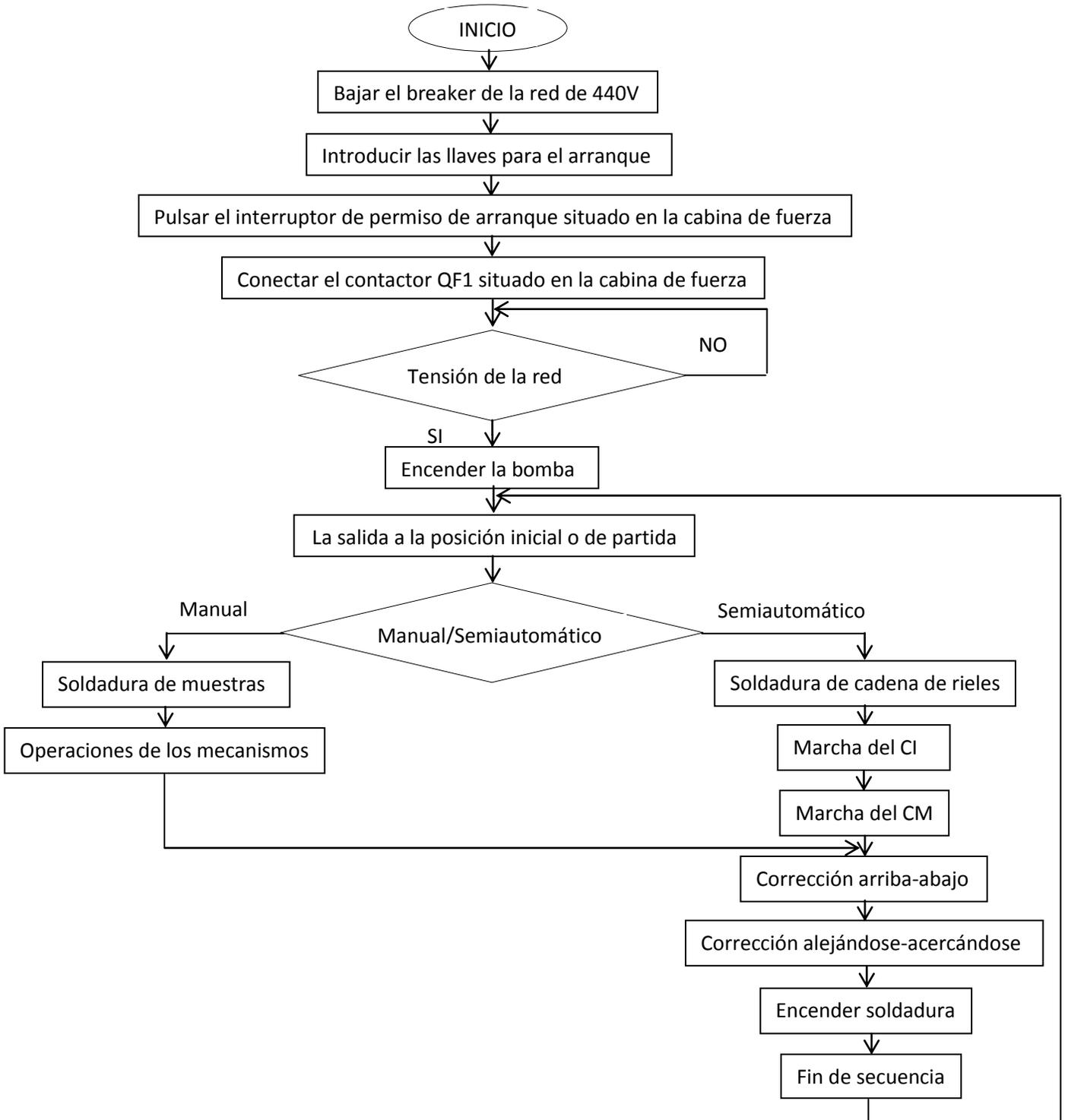
ANEXOS

Anexo IX Panel de mando de la máquina de soldar carriles MCP 6301A TB3.

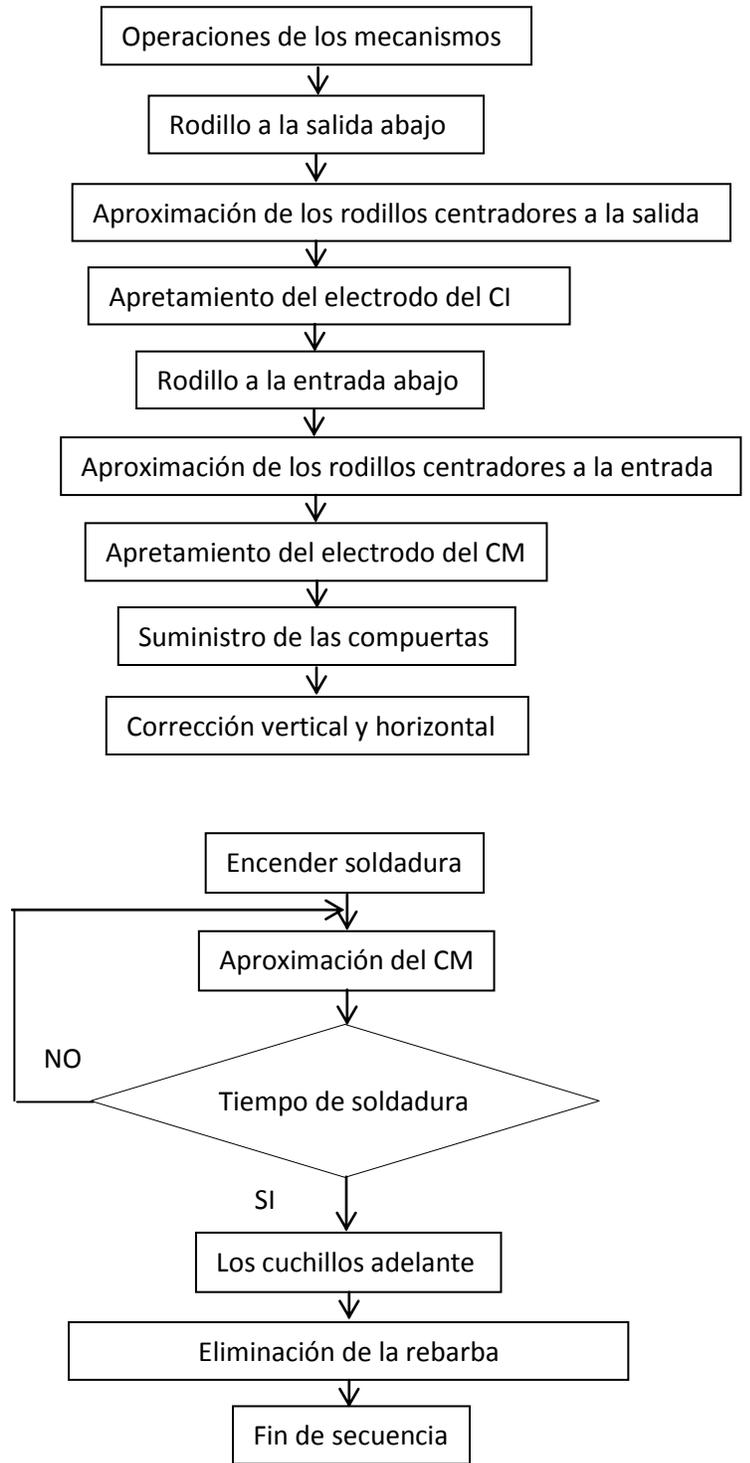
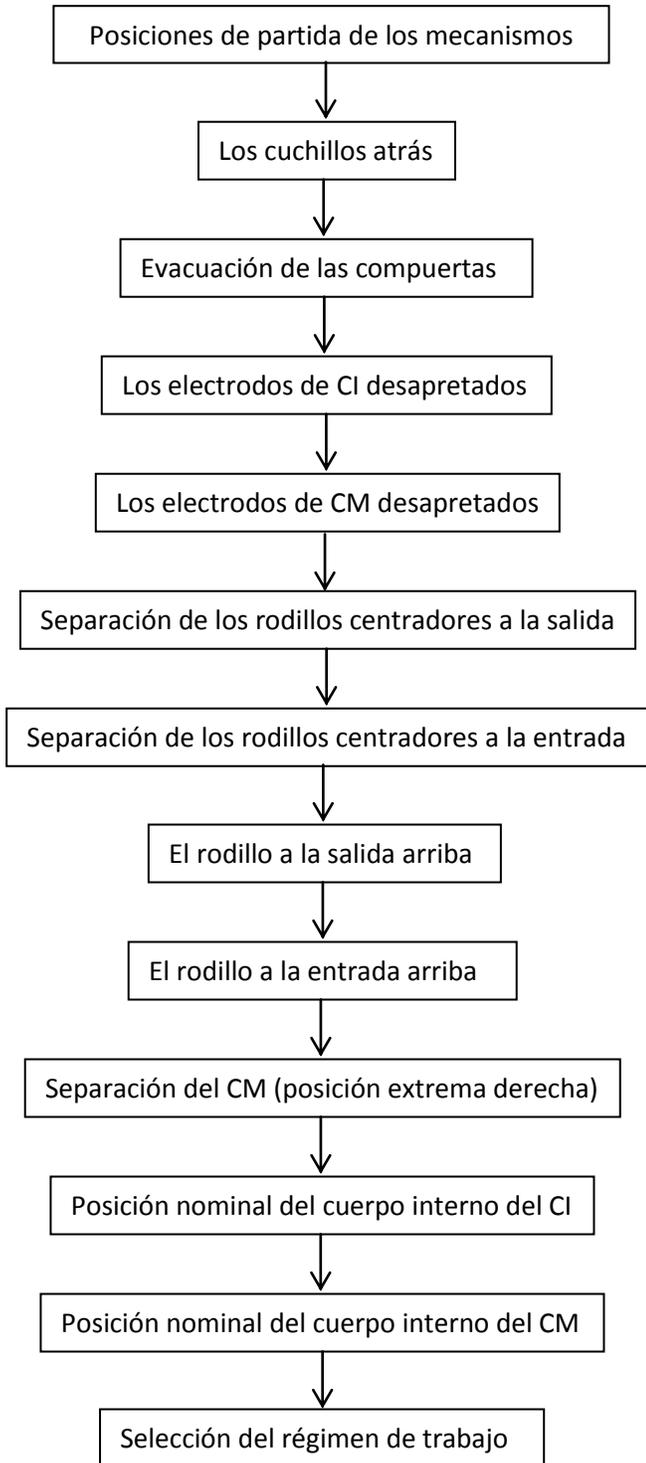


ANEXOS

Anexo X Diagrama de flujo de la máquina.

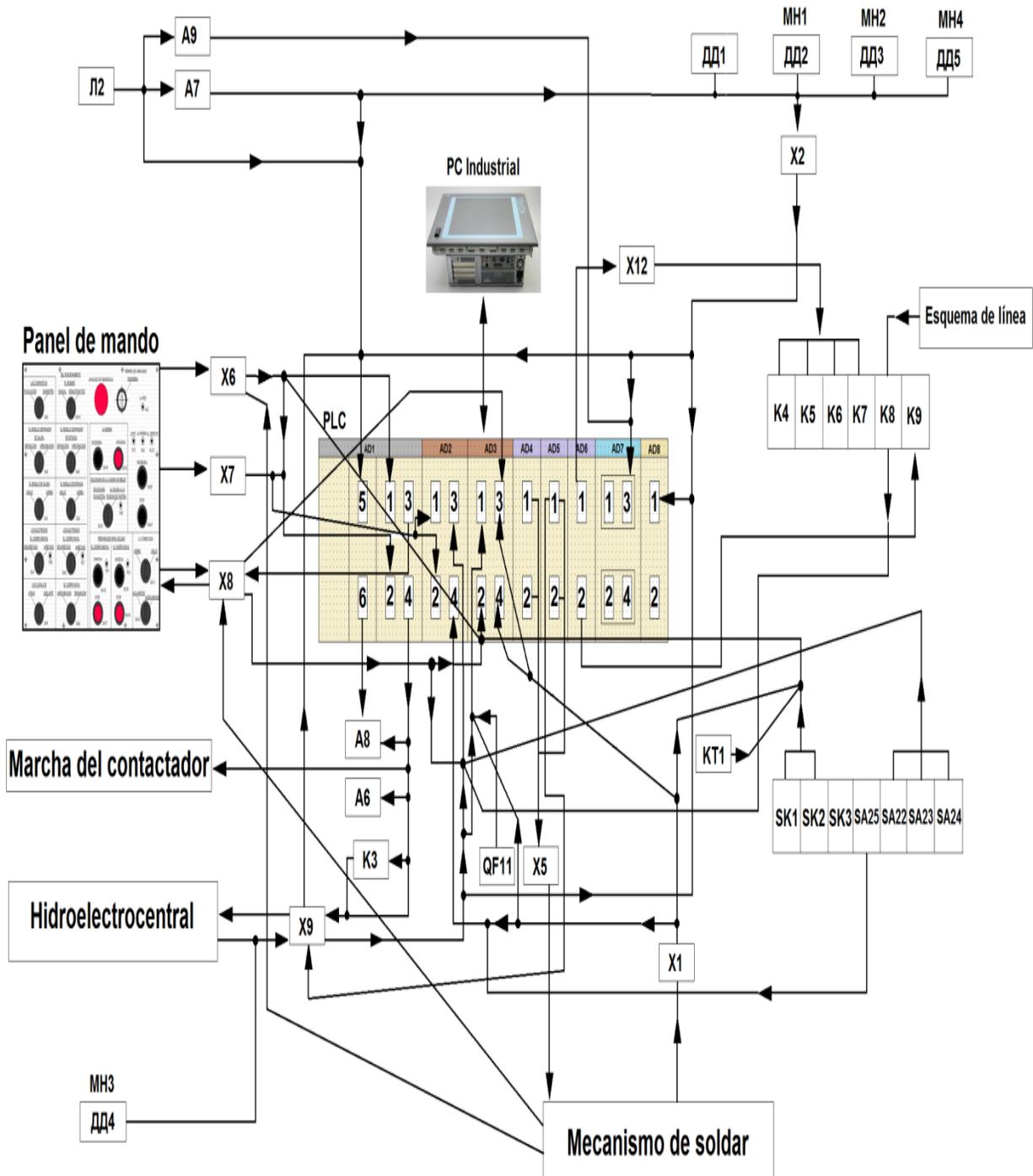


ANEXOS

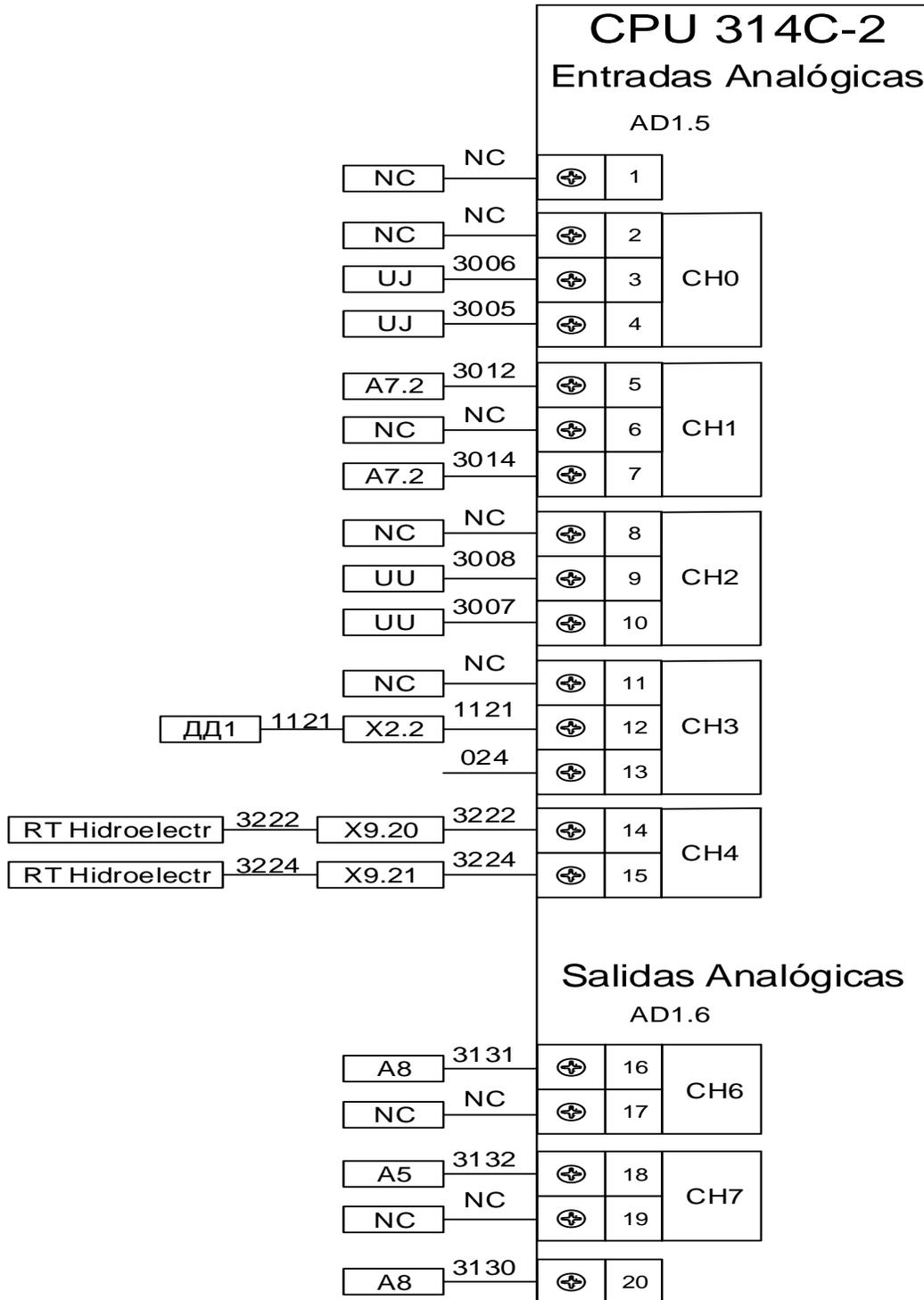


ANEXOS

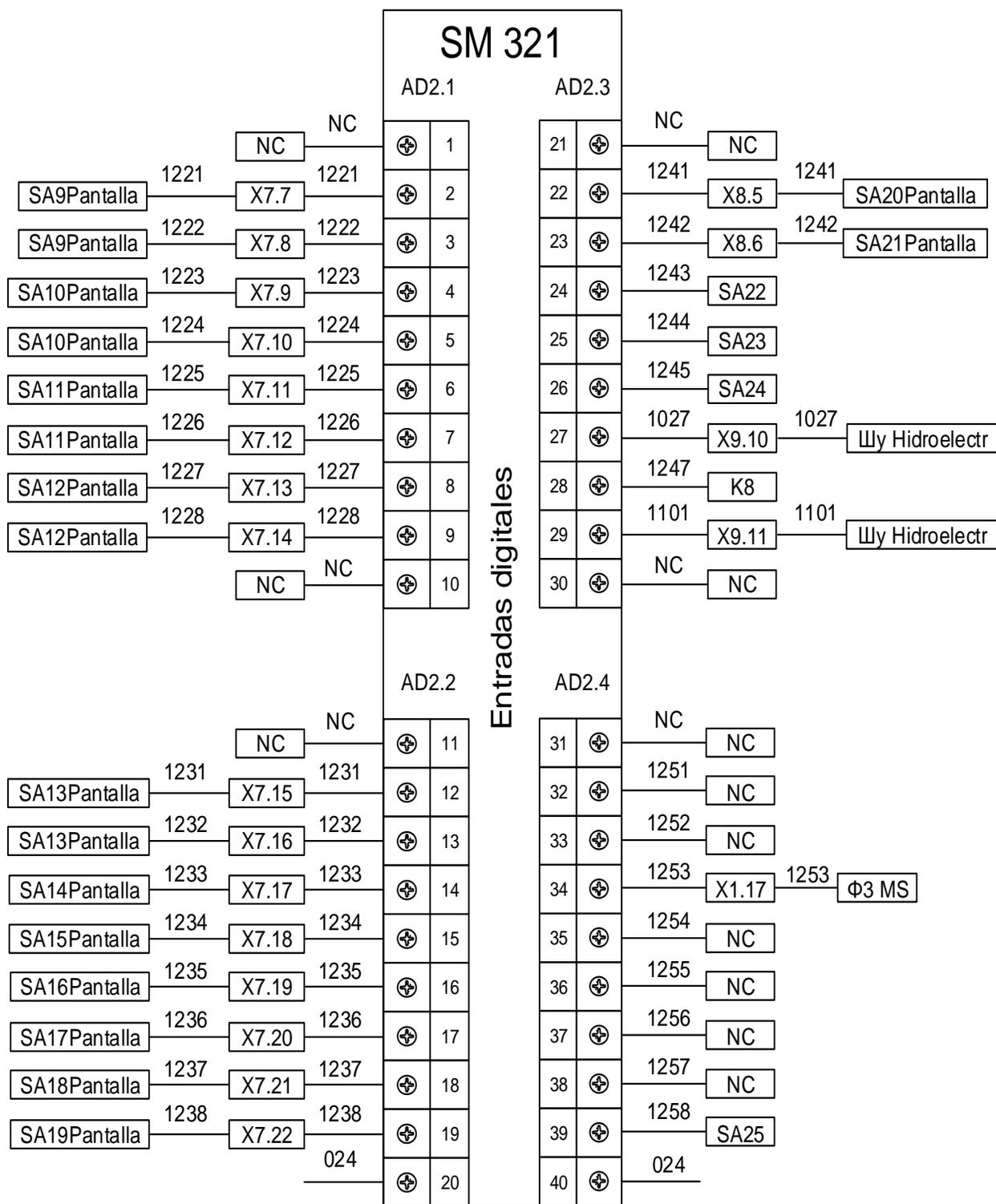
Anexo XI Esquema general de control.



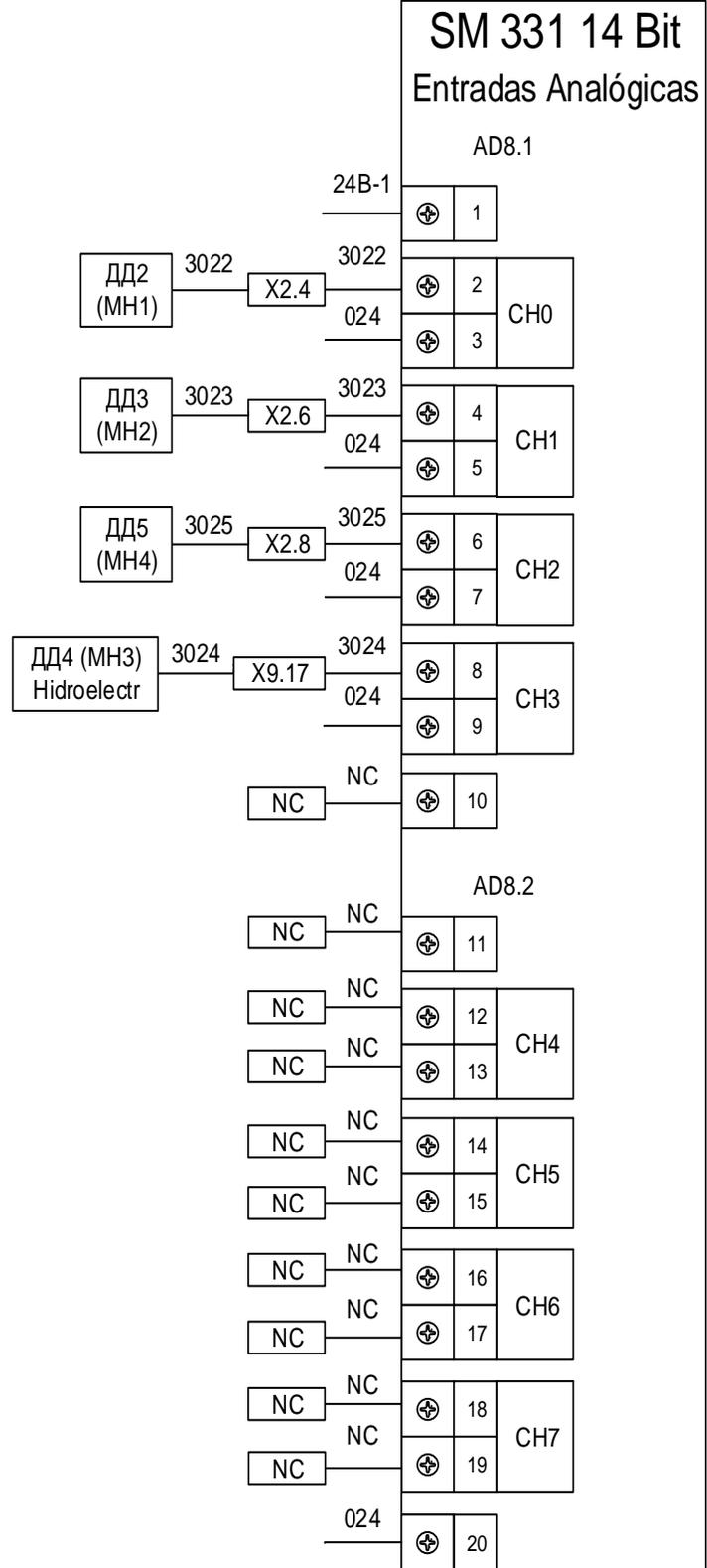
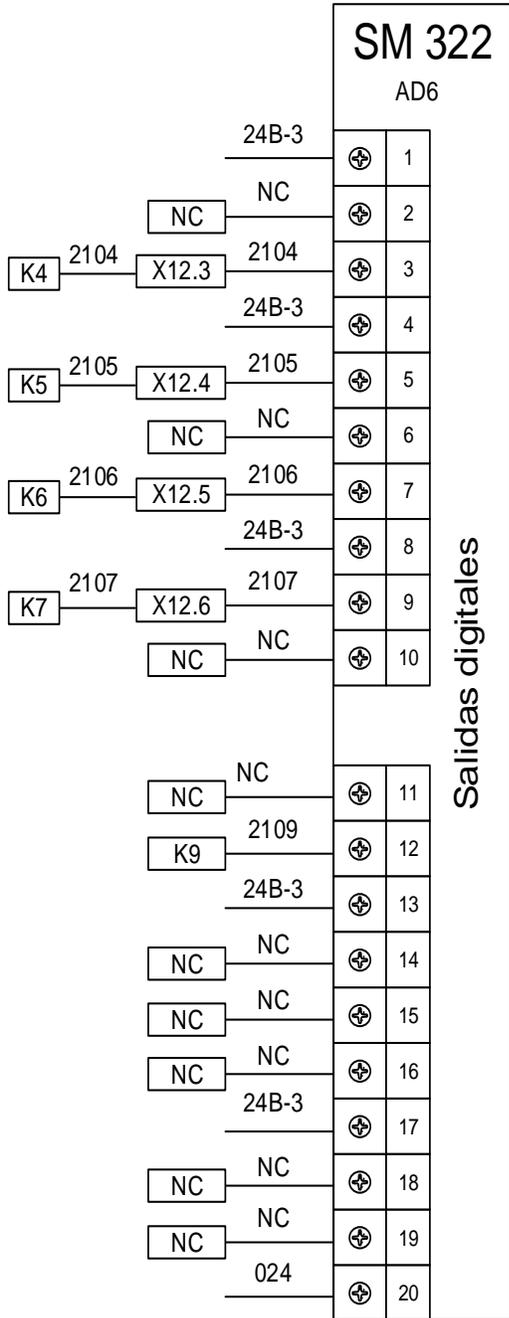
ANEXOS



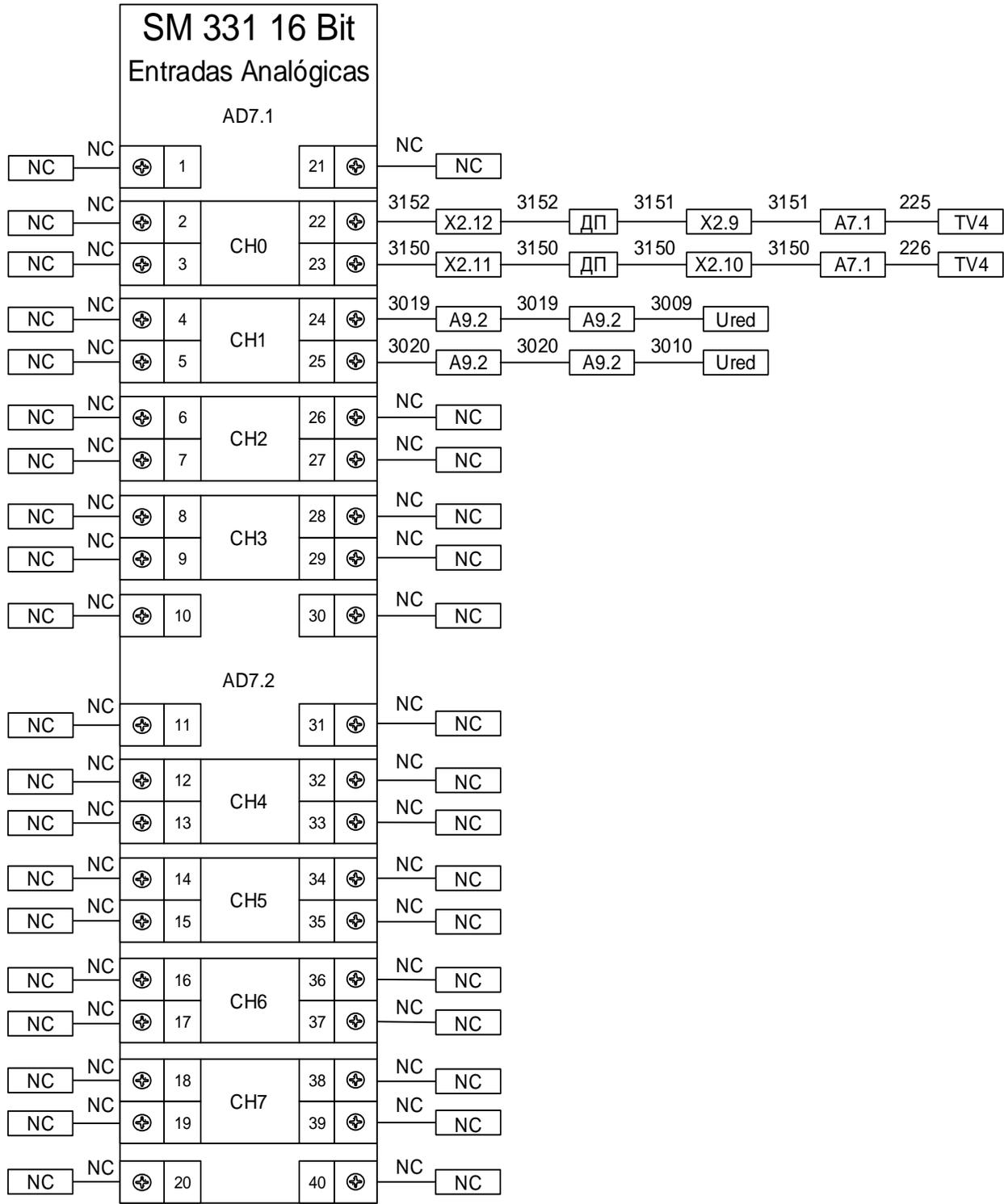
ANEXOS



ANEXOS



ANEXOS



ANEXOS

Anexo XIII Lista de las posibles averías de la máquina.

Descripción de las averías	Causa probable	Métodos de solución
Se rompe el mecanismo de fuerza al encender	La ruptura del aislamiento de los cables de fuerza.	Sustituir los cables
	La ruptura del aislamiento de devanado del transformador	Sustituir el transformador de soldar
	El corto circuito en el contorno secundario del transformador de soldar	Eliminar el corto circuito
El aumento del calentamiento de las piezas conductoras de corriente del contorno secundario	El enfriamiento insuficiente	Suministrar enfriamiento al sistema por el aire comprimido y aumentar el gasto del agua
	El mal contacto en los puntos atornillados	Alisar las superficies de contacto, apretar las uniones atornilladas
El aumento de la temperatura del agua de enfriamiento	El corto circuito en el devanado primario del transformador de soldar	cambiar el transformador de soldar
	El mal enfriamiento	Ajustar el enfriamiento
Desplazando el soporte móvil, los mecanismos de apretamiento o los mecanismos del centrado se ven forzados	Aumento de la presión en la hidroelectrocentral	Reducir la presión al nivel de la presión del disparo y hacer unas cuantas marchas en vacío
El aceite gotea de las uniones móviles e inmóviles	El desgaste de los anillos de empaquetadura	Desmontar y revisar la empaquetadura, sustituirla si es necesario
Los distribuidores hidráulicos trancados	La suciedad en el distribuidor	Desmontar y lavar el distribuidor
El rápido calentamiento del aceite en la hidroelectrocentral	No trabaja la descarga de la bomba	Revisar el bueno estado de la válvula de seguridad
La velocidad de desplazamiento es insuficiente	El acumulador 1 está descargado	Cargar la cavidad de gas del acumulador 1