

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA MENCIÓN: SISTEMAS INDUSTRIALES

Tesis previa a la obtención del Título de: Ingeniero en Electrónica

TEMA: SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE QUEMADORES Y SOPLADORES EN LA PLANTA DE NOVACERO S.A.

AUTORES: WILLIAM ANDRÉS MORÁN REYES ESTEBAN JULIÁN VELIZ CRUZ

DIRECTOR: ING. NINO VEGA

Guayaquil, Febrero del 2013

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los	diseños	elaborados,	cálculos	realizados,	У	las	conclusiones	del	presente
docu	imento, so	on de exclusi	va respons	sabilidad de	los	auto	res.		
Auto	ores:								
	WILL	IAM ANDRÉ	S MORÁI	N REVES					
	VV III		0498003	VILLED					
		C.I. 072	0 120002						
	ESTE	BAN JULIÁN	VELIZ C	ERUZ					
		C.I. 09205							

Guayaquil, Febrero 04 del 2013

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo y la culminación de esta etapa a Dios, a mis padres, a mi hermana, y en especial dedico todo lo logrado a la familia que conforme, mi esposa Nancy que en esta etapa me dio ánimos de seguir y culminar mi carrera, a mis tres maravillosos hijos quienes son mi motivación diaria.

William Andrés Morán R.

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Inés.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Julián.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi esposa Nieves.

Por ser ese pilar en cual muchas veces me apoye para salir adelante, por su ayuda constante y amor incondicional, por estar ahí en los momentos más difíciles dándome palabras de apoyo.

Esteban Julián Veliz C.

AGRADECIMIENTOS

A Dios gracias primeramente por mantenerme con salud y vida. Agradezco a mis padres William y Silvia por el apoyo incondicional en todo momentoy haberme guiado por la ruta correcta, a mi hermana Vanessa que más que hermana es una amiga incondicional y única. Agradezco a mi esposa Nancy por su eterna paciencia, por su comprensión, apoyo y el ánimo para superar el cansancio de las largas noches de estudio, a mis tres hijos Luciana, Ariana e Isaac por su comprensión durante mi etapa de estudios, agradezco su alegría ya que es el motor que me impulsa a seguir siempre adelante y finalmente agradezco a Novacero por permitirme realizar esta tesis en sus instalaciones.

.

William Andrés Morán R.

Definitivamente este trabajo no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas que me brindaron su ayuda; siempre resultará difícil agradecer a todos aquellos que de una u otra manera me han acompañado en esta tesis, porque nunca alcanza el tiempo, el papel o la memoria para mencionar o dar con justicia todos los créditos y méritos a quienes se lo merecen. Por tanto, quiero agradecerles a todos ellos cuanto han hecho por mí, para que este trabajo saliera adelante de la mejor manera posible.

Esteban Julián Veliz C.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	ii
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	V
CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA	14
1.1. Planteamiento del Problema.	15
1.2. Delimitación del Problema.	15
1.3. Objetivos.	15
1.3.1. Objetivo General.	15
1.3.2. Objetivos Específicos	15
1.4. Justificación.	16
1.5. Hipótesis.	17
1.6. Variables e Indicadores	18
1.6.1. Variables Independientes.	18
1.6.2. Variables Dependientes.	18
1.6.3. Indicadores.	18
1.7. Población y Muestra.	18
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	19
2.1. ¿Qué es Novacero S.A.?	20
2.1.1. Historia de Novacero.	20
2.1.2. Localidades de Novacero	22
2.1.3. Productos que elabora Novacero.	23
2.2. ¿Qué es el galvanizado?	24
2.2.1. Galvanizado por inmersión en caliente.	24
2.2.2. Zinc materia prima principal	25

2.2.3. Como el galvanizado protege el acero.	26
2.2.4. Proceso de galvanizado	28
2.2.5. Galvanizado de tuberías por sistema de Soplado	29
2.2.6. Galvanizado de materiales por baño abierto	31
2.3. Horno y Crisol de galvanizado.	32
2.3.1. Encendido y Temperatura de Operación del Horno	33
CAPÍTULO 3: CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA	36
3.1. Estado actual del sistema de control de Quemadores	37
3.1.1. Equipos adicionales del sistema.	41
3.1.2. Esquemas eléctricos del sistema actual.	44
3.2. Estado actual del sistema de control del Soplado.	44
3.2.1. Sistema de control de velocidades y tiempo	46
3.2.2. Esquemas eléctricos del sistema actual.	48
3.3. Conclusiones de la situación actual.	48
CAPÍTULO 4: SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO	49
4.1. Esquema del nuevo sistema de control.	50
4.1.1. Descripción del control de Temperatura.	51
4.1.1.1. Control de encendido de Quemadores	52
4.1.1.2. Regulación Diésel-Aire para Combustión	53
4.1.2. Descripción del control de Parámetros de Operación.	54
4.1.3. Control Digital de todos los parámetros.	54
4.1.4. Eliminación de cableado de control.	55
4 1 5 Red Industrial Propuesta	55

CAPITULO 5: DISEÑO ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE MATERIA	LES DEL
PROYECTO	57
5.1. Descripciones Generales.	58
5.2. Tableros de Control	61
5.2.1. Selección de Tableros	63
5.3. Elementos para paneles de Control.	63
5.3.1. Selección de Elementos para armado de paneles	69
5.4. Elementos de accionamiento (actuadores)	70
5.4.1. Selección de Elementos actuadores	72
5.5. Cables Necesarios.	73
5.6. Equipos de Automatización.	74
5.6.1. Entradas y Salidas del nuevo sistema de control.	74
5.6.1.1. Entradas digitales	74
5.6.1.2. Salidas digitales	76
5.6.1.3. Entradas análogas	77
5.6.1.4. Salidas análogas	77
5.6.2. Selección de Módulos	7
5.7. Planos	79
5.7.1. Planos de Control y Fuerza del sistema de soplado	79
5.7.2. Planos de Control y Fuerza del sistema de quemadores	87
5.7.3. Planos de Control y Fuerza del ET-200	99
5.7.4. Plano de consola de mando.	107
5.7.5. Plano de Red de comunicación.	109
CAPÍTULO 6: SOFTWARE DE CONTROL	111
6.1. Programación de software's de control.	112
6.1.1. Administrador Simatic.	112
6.1.1.1. Configuración del Hardware	113
6.1.2. Step7-Micro/Win	115
6.1.3. WinCC Flexible.	119
6.1.4. Simotion Scout.	120

CAPÍTULO 7: IMPLEMENTACIÓN	121
7.1. Montaje Físico.	122
7.2. Cableado de Tableros.	
7.3. Cableado del sistema.	
7.4. Cableado de Red.	
7.5. Revisión del Cableado del Tablero Eléctrico.	
7.6. Pruebas de Funcionamiento.	
7.7. Análisis de resultados.	
CRONOGRAMA Y MEMORIA ECONÓMICA	132
Cronograma	133
Presupuesto.	134
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
Conclusiones.	139
Recomendaciones.	140
Bibliografía	141
ANEXOS	143
Anexo # 1	144
Anexo # 2	147
Anexo # 3	149
Anexo # 4	153
Anexo # 5	155
Anexo # 6	
Anexo # 7	226

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1.	Tableros necesarios para el control del sistema.		
Tabla 5.2.	Elementos necesarios para el control del sistema.		
Tabla 5.3.	Elementos necesarios de accionamiento.	72	
Tabla 5.4.	Corriente soportada por conductores eléctricos.	73	
Tabla 5.5.	Entradas Digitales	74	
Tabla 5.6.	Total de entradas digitales	75	
Tabla 5.7.	Salidas Digitales	76	
Tabla 5.8.	Total de salidas Digitales	77	
Tabla 5.9.	Entradas Analógicas	77	
Tabla 5.10.	Salidas Analógicas	77	
Tabla 7.1.	Resultados por disminución de horas de para temperatura.	129	
Tabla 7.2.	Resultados por disminución de horas de para Setup.	130	
Tabla 7.3.	Resultados por disminución de consumo de Zinc.	131	
Tabla 8.1.	Cronograma de Actividades.	133	
Tabla 8.2.	Precios del Elementos.	134	
Tabla 8.3.	Costos de Mano de obra.	137	
Tabla 8.4.	Costo Total de la Implementación.	137	
Tabla 8.5.	Valores ahorrados por implementación.	137	

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 2.1.	Productos y Servicios de Novacero.		
Figura 2.2.	2. Materia Prima Zinc.		
Figura 2.3.	Capas de Recubrimiento del Galvanizado.	27	
Figura 2.4. Tinas del proceso de Galvanizado		28	
Figura 2.5.	Flujo de Proceso de Galvanizado.	29	
Figura 2.6.	Galvanizado de Tuberías por Sistema de Soplado	30	
Figura 2.7.	Galvanizado por baño abierto.	31	
Figura 2.8.	Horno y Crisol de Galvanizado	32	
Figura 2.9.	Evacuación de Zinc	33	
Figura 2.10	. Medición de espesor de paredes del Crisol.	34	
Figura 2.11	. Carga inicial de Zinc para arranque	34	
Figura 3.1.	Diagrama de bloques del sistema actual.	37	
Figura 3.2.	UDC's de control.	38	
Figura 3.3.	Controlador y sensor de llama Krom//schroder	39	
Figura 3.4.	Válvula manual de paso de diésel "Maxon".	40	
Figura 3.5.	Tablero de control de Sistema de Quemadores actual	40	
Figura 3.6.	Canaletas de Cableado	41	
Figura 3.7.	Ubicación de elementos cerca de pared del horno	41	
Figura 3.8.	Blower y regulador paso de aire	42	
Figura 3.9.	Bombas de Presión para ingreso de diésel.	42	
Figura 3.10	. Bombona de almacenamiento de GLP	42	
Figura 3.11	. Selenoides de Gas y Diésel	43	
Figura 3.12	. Transformadores de Ignición.	43	
Figura 3.13	. Alarmas de baja temperatura y derrame	43	
Figura 3.14	. Panel principal del Sistema de Soplado	44	
Figura 3.15	. Consola de control del Sistema de Soplado	45	
Figura 3.16	. Alimentación de motores y actuadores.	45	
Figura 3.17	. JBX de Soplado (Junction Box).	46	
Figura 3.18	. Variadores de velocidad Micromaster	47	
Figura 3.19	. Potenciómetros de Regulación.	47	

Figura 4.1.	Diagrama de bloques del Sistema Propuesto.	50
Figura 4.2.	Diagrama de Instrumentación para control de Temperatura.	51
Figura 4.3.	Control de temperatura de operación.	52
Figura 4.4.	Control de encendido de cada Quemador.	53
Figura 4.5.	Control de parámetros del Sistema de Soplado	54
Figura 4.6.	Control de parámetros de Soplado.	55
Figura 4.7.	Esquema general propuesto de comunicación industrial.	56
Figura 5.1.	Diseño eléctrico de control para sistema de soplado	59
Figura 5.2.	Diseño eléctrico de fuerza para sistema de soplado	60
Figura 5.3.	Diseño eléctrico de control para sistema de Quemadores	60
Figura 5.4.	Ubicación de Tableros de control.	62
Figura 5.5.	Ubicación de junction box	62
Figura 5.6.	Diagrama de pulsadores	63
Figura 5.7.	Estructura elemental de un Contactor.	64
Figura 5.8.	Estructura elemental de un relé.	65
Figura 5.9.	Diagramas de guardamotor.	65
Figura 5.10	Estructura elemental de un interruptor termomagnético	67
Figura 5.11	Diagramas de bloques del controlador Honeywell.	68
Figura 5.12	Placa característica de un motor eléctrico.	70
Figura 5.13	Diagramas de funcionamiento del actuador	71
Figura 5.14	. Válvula mariposa de paso de aire	71
Figura 5.15	. Modutrol y esquema de funcionamiento	72
Figura 5.16	Válvula de caudal de diésel	72
Figura 5.17	Módulos adquiridos	78
Figura 6.1.	Configuración de Hardware realizada.	114
Figura 6.2.	Red configurada	114
Figura 6.3.	Estructuras de programación del S7-300.	115
Figura 6.4.	Estructura de programación de sistema de soplado	116
Figura 6.5.	Configuración de dirección Profibus en módulo EM277	117
Figura 6.6.	Direccionamiento de comunicación.	118
Figura 6.7.	Parametrización de I/O Offset	118
Figura 6.8.	Ventana programadas del HMI	120
Figura 6.9.	Pantalla de programación de variadores	120
Figura 7.1	Placa de Montaje	122

Figura 7.2.	Montaje de Soportes	122
Figura 7.3.	Montaje de elementos.	123
Figura 7.4.	Montaje de fuente, CPU y módulos	123
Figura 7.5.	Elementos de Panel de Soplado	124
Figura 7.6.	Nuevos tableros instalados	125
Figura 7.7.	Cableados de campo	126
Figura 7.8.	Cableados de Red.	127

ABSTRACT

AÑO	ALUMNO/ S	DIRECTOR DE TESIS	TEMA TESIS
2013	WILLIAM ANDRES MORAN REYES ESTEBAN JULIAN VELIZ CRUZ	ING. NINO VEGA	"SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE QUEMADORES Y SOPLADORES EN LA PLANTA DE NOVACERO S.A."

La presente tesis: "SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE QUEMADORES Y SOPLADORES EN LA PLANTA DE NOVACERO S.A.", se basa en mejoras específicas para el control de parámetros en el proceso de galvanizado.

Dentro del proceso de galvanizado por inmersión en caliente existen factores determinantes para asegurar la calidad del producto, la presente tesis surge en necesidad de controlar de una manera eficaz y confiable dichos parámetros para mantener una producción constante y minimizar al máximo paradas del equipo.

Para lograrlo se integra un conjunto de equipos de automatización mediante una red Profibus que de forma permanente y bajo una instrucción de seteo mantendrá los parámetros necesarios asegurando la óptima calidad del producto.

Los parámetros principales son:

- Temperatura del zinc fundido donde se realiza la inmersión del material, medida por una Termocupla tipo J y conectada a un módulo de entradas analógicos de un PLC S7-300.
- Velocidades de 4 motores para inmersión y extracción de la tubería procesada, regulada por cuatro variadores de velocidad Synamics conectados en red Profibus.
- Tiempo de soplado interior de la tubería, regulado en segundos mediante una pantalla HMI (interfaz Hombre Maquina).

El control se lo realiza mediante una pantalla HMI la cual fue programada mediante recetas para los diversos tipos de tuberías que se procesan en planta, y mediante un solo pulso se calibran todos los parámetros antes mencionados.

Adicionalmente se elimina el cableado de control mediante un equipo de periferia descentralizada ET-200S, sólo se utiliza el cableado de fuerza hacia los actuadores.

PALABRAS CLAVES

Sistema de control y monitoreo. Quemadores. Sopladores. Galvanizado. Novacero S.A. Temperatura. Velocidad de extracción. Tiempo de soplado. Profibus. S7-300. S7-200. Variadores. Periferia descentralizada. ET-200S.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad la línea de Galvanizado de Novacero S.A. no cuenta con un sistema óptimo de control y monitoreo de sus variables principales como son:

Temperatura de operación de quemadores, velocidades de rodillos de arrastre, tiempo de soplado (limpieza interna de tubería galvanizada), y principalmente generación de alarmas.

Estas falencias ocasionan problemas que requieren de un reset manual lo cual obliga a un operador estar monitoreando continuamente el sistema.

1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.

Se cambiará el sistema actual utilizando un controlador lógico programable de la familia S7-300 de SIEMENS para el control de los quemadores, además comunicarlo con un PLC S7-200 que es el que controla en la actualidad el sistema de soplado, la comunicación se la realizará mediante una red PROFIBUS, y a su vez comunicarlo con un panel táctil HMI que controlará y monitoreará ambos procesos.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un sistema capaz de monitorear y controlar el correcto funcionamiento de la línea de Galvanizado en Novacero S.A., ofreciendo mejoras en calibraciones para los diferentes productos y disminución de tiempos de para por espera de parámetros óptimos de proceso.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar e implementar un sistema que controle eficientemente la temperatura de operación de cuba de galvanizado, y que controle parámetros de operación de extracción de tubería de la cuba.

- Reemplazar los controles manuales como pulsadores, potenciómetros y demás elementos con un panel HMI para controlar de mejor forma el sistema.
- ➤ Visualizar y controlar con ayuda de la pantalla HMI las variables más relevantes del sistema, ya que estas afectan directamente a la calidad del producto, dichas variables son:
 - Temperaturas del crisol.
 - Temperatura de Gases de Combustión.
 - Velocidades de rodillos de arrastre de sistema de soplado de tuberías.
 - Tiempo de soplado (limpieza interna de tubería galvanizada).
 - Status del sistema (alarmas).

1.4. JUSTIFICACIÓN.

Una de las partes principales de la planta de Galvanizado es la tina de Zincado la cual depende de un sistema de control para mantener una temperatura que debería oscilar entre 435°C y 460°C para procesar el mix de productos que se tiene en planta.

Dicho sistema no presenta un control totalmente automático, de manera que cada vez que el sistema se resetea por sobre-temperatura una persona debe estar presente para reiniciarlo, este problema se viene suscitando en reiteradas ocasiones siendo una ventaja que el personal de producción realiza el reset manual para su posterior arranque, pero en días no laborables como domingos y feriados también se ha presentado este problema siendo el guardia el encargado de la supervisión del sistema con la dificultad de que su puesto de trabajo está bastante alejado del panel y solo puede realizar rondas en ciertas horas; al tener este problema la temperatura del crisol empieza a bajar rápidamente hasta llegar casi a punto de solidificación (420°C) estando ahí el mayor problema pudiendo causar un daño irreparable al crisol.

El control para la regulación de temperatura lo realiza un UDC no siendo esta regulación la más óptima; adjunto a esto las alarmas que avisan sobre estos sucesos

están ubicadas dentro del cuarto de control, es decir que no se puede saber sobre estos cambios sino se está presente en dicho cuarto.

El sistema propuesto eliminará todos los inconvenientes antes mencionados, otorgando al sistema un grado de control óptimo, se elaborará un lazo de control capaz de controlar la temperatura al nivel de seteo, sin importar el tipo de material que se esté procesando.

El control de ambos sistemas se lo realizará con un HMI, dotado de pantallas amigables de acuerdo al proceso, mediante una receta se calibrará todos los parámetros antes mencionados, esto para no afectar la calidad del producto, ya que en el sistema actual cualquier persona puede variar los parámetros para ayudarse en la producción diaria, pero afectando drásticamente el producto.

La acción del conjunto a implementarse es aumentar la vida útil del crisol, ya que se podrá controlar de mejor manera su temperatura de operación; una bajada brusca de temperatura sin control acarrearía la solidificación de 120 toneladas de zinc y teóricamente es casi imposible fundir un bloque compacto de esa magnitud, ocasionando así el daño irreparable del crisol.

Las partes complementarias del sistema pero no menos importantes son controlar la calidad del producto, por velocidades de extracción, la misma temperatura de operación ya que existe una temperatura adecuada para cada tipo de producto; ayudando en si todo este conjunto a facilitar las actividades diarias en la línea.

1.5. HIPÓTESIS.

Dentro del proceso de galvanizado por inmersión en caliente se requieren regular algunos parámetros para la obtención de un producto de calidad, con el presente proyecto se demostrará que se puede aumentar la capacidad de producción de la línea regulando de una manera rápida y eficiente dichos parámetros.

Se realizará un sistema de ingreso de parámetros para los diferentes productos

mediante recetas definidas que cumplan con los requisitos necesarios sin afectar la calidad.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Desarrollo e implementación de sistemas de control en red Profibus con PLC S7-300, PLC S7-200, Variadores Synamics y HMI.

1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Formación de habilidades prácticas.
- Conocimiento y manejo de PLC S7300.
- Conocimiento y manejo de PLC S7200.
- Conocimiento y manejo de Variadores de velocidad Synamics.
- Conocimiento y manejo de HMI.
- Optimización del uso de controladores lógicos programables para aplicaciones más allá del control de secuencias.

1.6.3. INDICADORES

- Formulación de informes técnicos correctos.
- Aprendizaje del manejo de equipos de automatización en aplicaciones industriales.
- Habilidades prácticas obtenidas para el desarrollo y diseño de procesos industriales.

1.7. POBLACIÓN Y MUESTRA.

Este proyecto va ser de gran utilidad para la línea de producción de Galvanizado de la empresa Novacero ya que ayudará a mitigar las horas sin producción debido a la espera de regulación de parámetros adecuados para el correcto procesamiento de los diferentes productos. Adicionalmente fortalecerá los conocimientos de los integrantes de este proyecto aplicando en campo la teoría aprendida.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

3.1. ¿QUÉ ES NOVACERO S.A.?

NOVACERO es una sólida empresa ecuatoriana, pionera y líder en el mercado desde 1973, con la mejor experiencia en la creación, desarrollo e implementación de soluciones de acero para la construcción, soluciones que se encuentran en modernas construcciones industriales y agroindustriales, instalaciones comerciales, educativas, deportivas, de viviendas y en infraestructuras viales del Ecuador y el exterior.

3.1.1. HISTORIA DE NOVACERO.

ANTES DE 1994.

La multinacional ARMCO inicia sus operaciones en Nuestro País en Julio de 1973 como PRODUCTOS METALICOS ARMCO S.A. y se dedica a la fabricación y comercialización de productos de acero para el negocio vial, para esto construye una planta industrial en el sector de Guamani (QUITO). Con el fin de diversificar en 1983 se constituye ARMCOPAXI S.A. En la localidad de Lasso, con esta adquisición se incorporan las líneas de productos laminados en caliente (ángulos, platinas, tés y barras redondas y cuadradas), también las líneas de tubería de acero y perfiles conformados en frio para estructuras. Todos estos nuevos productos son tipo estándar y se venden a través de distribuidores. Una de las nuevas líneas del paquete adquirido a los chilenos, fue la de construcción y montaje de estructuras metálicas, lo cual no era bien visto por nuestros clientes constructores porque veían a la empresa como competencia, por lo tanto la empresa para 1988 decidió dejar de fabricar estructuras metálicas.

Para finales de los años 80 la empresa incursiona en el negocio de cubiertas metálicas de aluzinc y prepintadas, siendo los pioneros en nuestro país, al inicio este negocio no fue muy atractivo, sin embargo para el futuro de la empresa, las cubiertas metálicas se convertirían en unos de los negocios más rentables. Para 1992, el grupo ARMCO decide deshacerse de sus operaciones en Latinoamérica por lo que vende sus 2 empresas a un grupo suizo, quienes les cambia de nombre a las empresas para denominarlas Novacero y Aceropaxi, se debe anotar que en los últimos años de

Armco en Ecuador y con la nueva administración Suiza, prácticamente no se hicieron inversiones. Para inicios de 1994 el grupo Suizo vende las empresas a un grupo ecuatoriano.

LUEGO DE 1994.

El nuevo grupo accionista desde su compra comenzó a realizar importantes inversiones, este grupo se caracteriza por su confianza en la administración y en el negocio, esto se evidencia en la agilidad de las decisiones. Para 1986 la empresa comienza a construir su tercera planta industrial en Guayaquil, para ahorrar recursos en trasporte y para mejoras la presencia de la empresa en la Costa, que por cierto hasta entonces era identificada como una empresa regional serrana. Al construir la planta Guayaquil se reforzarnos las operaciones de tubería y cubiertas, también se construyó una planta de galvanizado para recubrir la tubería y ofrecer servicios a terceros.

En 1995 la empresa toma una decisión trascendental, sus vetustos procesos de laminación en caliente son manuales y los costos altos, lo que dificulta el competir con los nuevos grandes competidores que para entonces ya producían los mismos productos que Novacero en trenes nuevos y a menos costos. Entonces Novacero decide incorporar un tren reconstruido con un moderno sistema de automatización lo que permite bajar los costos de laminación en caliente a casi la mitad de lo que cuesta producir en el viejo tren, con este nuevo tren involucró una gran inversión de ceca de 15 millones de USD y tiene capacidad para fabricar la varilla corrugada que tiene un mercado 10 veces mayor que el de los perfiles laminados y competir con el mercado, la ganancia del mercado se decide hacerlo prácticamente sin hacer publicidad, se decide ganar el mercado insatisfecho y el de los importadores. Además se toma la estrategia de ofrecer la nueva varilla de construcción a la cadena de distribuidores de techos económicos marca Duratecho. Desde 1995 cuando arrancó el tren moderno, las ventas anuales de la empresa han crecido en gran medida.

En el 2006, con el fin de tener la propia materia prima para los productos laminados, la empresa decide construir una acería, para fundir acero a partir de chatarra, esto permitirá que el costos de la plaquilla que es la materia prima para laminados en caliente este entre 150 y 200 USD menos que la materia prima importada. La nueva acería con un costo cercano a los 30 millones de USD no estuvo lista hasta el octubre del 2009.

Es de destacar que la empresa ha incorporado un Sistema de Gestión Integral SGI bajo las normas ISO. La empresa certificó su Sistema de Gestión de Calidad bajo las normas ISO 9001 desde el año 2001 y también tiene certificado su Sistema de gestión ambiental bajo la norma ISO 14001 desde el año 2005, actualmente a su SGI la empresa se encuentra incorporando un tercer Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional bajo las normas OHSAS 18001.

Los nuevos accionistas ecuatorianos, mantienen los nombres de las empresas y las mantiene por separado hasta el año 2002 cuando fusionan a las 2 empresas y las nombran NOVACERO ACEROPAXI S.A. Desde junio del 2005 hasta la actualidad, la empresa simplifica su nombre a NOVACERO S.A.

3.1.2. LOCALIDADES DE LA EMPRESA.

Los productos son elaborados en las plantas industriales ubicadas en Quito (Planta Quito), Guayaquil (Planta Guayaquil) y Lasso (Planta Lasso). Su comercialización y administración se realiza desde las oficinas ubicadas en Quito, Guayaquil y Cuenca. El Servicio de Galvanizado y Maquila es comercializado directamente desde las plantas de industriales.

A continuación se detalla cada una de las localidades existentes en la empresa.

OFICINAS QUITO:

Es la sede principal de la administración de NOVACERO S.A.

Ubicada en Panamericana Sur Km 14 ½. Parque Industrial.

OFICINAS GUAYAQUIL:

Ubicada en la Urbanización Santa Leonor Mz 5 Solar 16, Ave. Benjamín Rosales.

OFICINAS CUENCA:

Ubicada en Ave. Paseo de los Cañares S/N entre Cacique Chamba y Juan José Flores.

PLANTA GUAYAQUIL:

Ubicada en la Ave. Raúl Clemente Huerta, Guasmo Central.

PLANTA LASSO:

Localizada en Panamericana Norte Km 15.

PLANTA QUITO:

Ubicada en Panamericana Sur Km 14 ½. Parque Industrial.

3.1.3. PRODUCTOS QUE ELABORA NOVACERO

A continuación en la **Figura 2.1** se muestra los diversos productos que Novacero fabrica y comercializa, resaltando en la parte de servicios de planta el proceso de galvanizado que es en sí donde se realizara el proyecto de tesis.

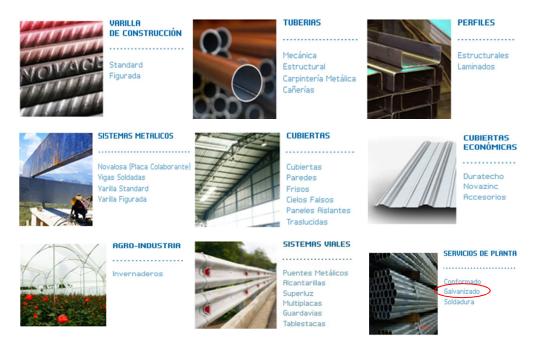


Figura 2.1 Productos y Servicios de Novacero **Fuente:** www.novacero.com/client/welcome.php

2.2. ¿QUÉ ES EL GALVANIZADO?

La galvanización toma su nombre de Luigi Galvani (1737-1798), uno de los primeros científicos interesados en la electricidad. La galvanización se denomina de esta manera porque cuando el zinc y el acero se ponen en contacto mutuo en un medio húmedo se produce una diferencia de potencial eléctrico. Si el recubrimiento de zinc, que aísla al acero del contacto con el ambiente, se daña en algún punto, esta diferencia de potencial dará lugar a una pila de corrosión en la que el zinc constituirá el ánodo de la pila y el acero el cátodo. En estas circunstancias el zinc se oxidará, mientras que el acero permanecerá inalterado.

En 1741 un químico francés llamado Melouin descubrió que los recubrimientos de zinc protegían al acero de la oxidación, aunque no pudo aclarar el motivo. En 1837 el ingeniero francés Sorel patentó la galvanización en caliente. Sorel utilizó el término "galvanización" porque comprendió que era una corriente galvánica la que protegía al acero, incluso aunque el recubrimiento tuviera alguna discontinuidad.

Aunque este procedimiento se ha utilizado comercialmente desde entonces, todavía hoy es uno de los sistemas de protección del acero técnicamente más avanzados. Todos los procedimientos de protección del acero se basan en interponer una barrera aislante o establecer una célula galvánica. La galvanización ofrece ambos mecanismos de protección en un solo producto, que además es económico y fácil de aplicar.

1.2.1 GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE.

Conocida como Hot Dipping consiste en la formación de una capa protectora metálica la cual reacciona con el metal a proteger tras la inmersión en un baño de un metal fundido y en la posterior solidificación de la capa metálica formada. Dicha inmersión se la realiza en un baño de zinc fundido a una temperatura aproximada de 450°C. Los sistemas que se utilizan para evitar la corrosión del hierro y el acero son esenciales para la utilización económica de estos metales como materiales de

construcción. La prescripción en el proyecto de un buen sistema de protección supone una economía considerable, ya que se ahorran gastos de conservación y se evitan las interrupciones en el servicio, además de aumentar la vida útil del equipo, complemento o instalación.

En la mayoría de los casos, el sistema ideal para la protección del acero frente a la corrosión es un recubrimiento de zinc metálico aplicado por inmersión del acero en un baño de zinc fundido. Ningún otro procedimiento puede igualarlo por su seguridad, duración, bajos costos de conservación y economía a largo plazo.

2.2.2. ZINC MATERIA PRIMA PRINCIPAL.

Elemento químico de símbolo Zn, es un metal maleable, dúctil y de color gris buen conductor del calor y de la electricidad. El zinc es uno de los elementos menos comunes; se estima que forma parte de la corteza terrestre en un 0.0005-0.02%; ocupa el lugar 25 en orden de abundancia entre los elementos. Su principal mineral es la blenda marmatita o esfalerita de zinc, ZnS. La mayoría de los concentrados de Zinc provienen de Canadá, Australia y América del Sur.

En la **Figura 2.2** se muestra la forma de empaquetamiento y el estado (solido) de la materia prima zinc.



Figura 2.2 Materia Prima Zinc Fuente: Autores

El zinc puro y recientemente pulido es de color blanco azuloso, lustroso y

moderadamente duro. El aire húmedo provoca su empañamiento superficial, haciéndolo que tenga color gris.

El zinc puro es dúctil y maleable pudiéndose enrollar y tensar, pero cantidades pequeñas de otros metales como contaminantes pueden volverlo quebradizo. Se funde a 420 °C y hierve a 907 °C. Su densidad es 7.13 veces mayor que la del agua.

Las principales ventajas a la hora de utilizar el zinc se basan en su bajo punto de fusión y en el hecho de que el zinc es anódico respecto al acero, es decir, cuando se pone en contacto con hierro o acero en presencia de un electrolito, el zinc se corroe con preferencia frente al hierro o al acero.

El zinc y sus aleaciones tienen una excelente resistencia a la corrosión en la atmosfera. La propiedad que da al zinc esta resistencia es su habilidad para formar una capa protectora que consiste en una mezcla de óxido de zinc, hidróxido de zinc y varias sales básicas, dependiendo de la naturaleza y del medio. Cuando se han formado las capas protectoras y se ha cubierto por completo la superficie del metal, la velocidad a la que tiene lugar la corrosión se reduce considerablemente.

En aire seco, inicialmente se forma una película de óxido de zinc por influencia del oxígeno atmosférico, que pronto se convierte en hidróxido de zinc, carbonato básico de zinc y otras sales básicas de zinc. La solubilidad en agua de los óxidos y carbonatos de zinc es muy baja, por lo que la superficie de zinc continua corroyéndose, pero muy lentamente.

2.2.3. CÓMO EL GALVANIZADO PROTEGE EL ACERO.

El recubrimiento consiste en una progresión de capas de aleación zinc-fierro unidas metalúrgicamente al acero base. Como una protección-berrera el galvanizado provee un recubrimiento tenaz de zinc metalúrgicamente unido que cubre completamente la superficie del acero con una capa de aleación zinc-hierro la cual tiene mayor dureza que el acero base. Esto provee una capa exterior flexible con una adhesión más fuerte

y una excepcional resistencia a la abrasión.

Una característica adicional del Galvanizado por Inmersión en Caliente es que la capa de zinc-hierro crece perpendicularmente a la superficie del acero, para entender mejor se muestra la **Figura 2.3** donde se muestra las diferentes capas que se forman.

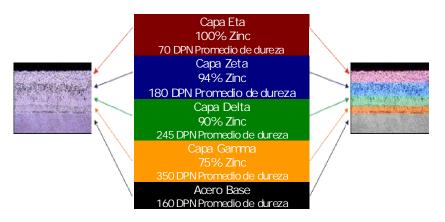


Figura 2.3 Capas de Recubrimiento del Galvanizado **Fuente:** Manual de Galvanoplastia

El recubrimiento de Galvanizado es por esta causa más resistente al deterioro físico que una capa de pintura. Aparte de que la totalidad de la superficie de las piezas queda recubierta tanto interior como exteriormente. Igualmente ocurre con las rendijas estrechas, los rincones y las partes ocultas de las piezas, que no quedan bien protegidas por otros tipos de recubrimientos.

Incluso es interesante señalar que si en el recubrimiento hay pequeñas áreas al descubierto (tales como raspaduras) por mal manejo, estas quedan igualmente protegidas contra la oxidación. Ello se debe a la diferencia de potencial electroquímico entre el zinc y el hierro, por lo que el primero se consume con preferencia a este último y le proporciona de esta manera una "protección de sacrificio o catódica". Este tipo de protección es una de las principales virtudes de los recubrimientos obtenidos en caliente, siendo una de las grandes ventajas que ofrece sobre la protección que proporcionan los tratamientos a base de pinturas o recubrimientos plásticos.

2.2.4. PROCESO DE GALVANIZADO.

El proceso de galvanizado consta de tres etapas básicamente que son: preparación de superficie o pretratamiento, Galvanizado e Inspección; para cumplir con estas tres etapas se necesitan tinas las cuales se muestran en la **Figura 2.4**.

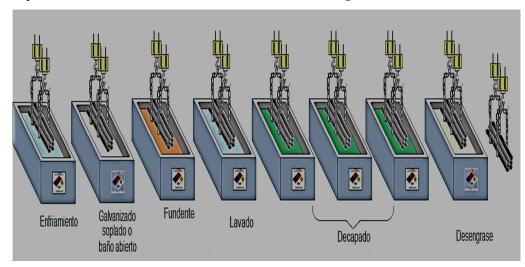


Figura 2.4 Tinas del proceso de Galvanizado Fuente: Autores

1.- Preparación de la Superficie o pretratamiento.

El pretratamiento consiste en quitar todo tipo de grasas, óxidos y demás impurezas sobre la superficie del material base y prepararla para una buena adherencia del zinc, aquí intervienen los baños de desengrase, decapado, enjuague y fluxado.

2.- Galvanizado.

El galvanizado consiste en sumergir el material previamente limpio en la tina de zinc fundido, mediante tiempos y formas específicas para asegurar la calidad del recubrimiento, para el caso específico de la planta se tiene 2 tipos de galvanizado; galvanizado por baño abierto y galvanizado de tuberías por sistema de soplado.

3.- Inspección.

La inspección consiste en determinar la calidad de recubrimiento, calidad del

acabado, para así liberar el producto.

DESENGRASE

DECAPADO

ENJUAGUE

ENJUAGUE

FLUXADO 60 – 75 °C

GALVANIZADO 440–460°C

ENFRIADO

Estas tres etapas se resumen en la Figura 2.5 flujo del proceso.

Figura 2.5 Flujo del Proceso de Galvanizado Fuente: Autores

PRODUCTO TERMINADO

1.2.5. GALVANIZADO DE TUBERÍAS POR SISTEMA DE SOPLADO.

El sistema de soplado está diseñado para procesar solamente tubería, sean estas redondas, cuadradas o ISO, su utilización abarca una amplia gama que comprenden:

- ¾" hasta 4 ½"en tubería redonda estructural (carpintería metálica)
 (¾", 7/8", 1", 1 ¼", 1 ½", 1 ¾", 2", 2 ¼", 2 ½", 3", 3 ½", 4", 4 ½")
- ¾" hasta 3" en tubería cuadrada estructural (carpintería metálica)

(3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 3")

• ½" hasta 4" en tubería ISO (conducción de fluidos) (½", ¾", 1", 1 ¼", 1 ½", 2", 3", 4")

Este sistema consiste en sumergir las tuberías a ser galvanizadas mediante un sistema de pines llamado roseta, esto se lo realiza manualmente mediante dos operarios que colocan la tubería en dicha roseta, una tercera persona llamada pescador es la encargada de sumergir la tubería al zinc fundido mediante el accionamiento de un motor que hace girar la roseta, este mismo pescador se encarga de retirar uno a uno la tubería sumergida en el zinc de forma manual con un gancho metálico, el extrae la tubería con el gancho y lo coloca en unos rodillos móviles imantados que por tracción de un motor realizan el trabajo de extracción completa de la tubería; durante este proceso se tiene una boquilla perforada la cual inyecta cierta presión de aire comprimido para realizar la limpieza externa de la tubería y darle uniformidad a la capa de recubrimiento.

El tubo una vez limpio es trasportado por un sistema de brazos basculantes al accionarse un switch de final de carrera, estos brazos lo colocan en posición para poder realizar la limpieza interna del mismo mediante presión de Vapor de Agua; dependiendo del diámetro de la tubería se determina el tiempo de limpieza interna, las imágenes del sistema se muestran en la **Figura 2.6**.



Figura 2.6 Galvanizado de tuberías por sistema de Soplado **Fuente:** Autores

Finalmente el mismo sistema de brazos transportadores lo llevan a una rampa para

que sea enfriado y posterior a eso su revisión, empaquetado y liberación como producto terminado.

1.2.6 GALVANIZADO DE MATERIALES POR BAÑO ABIERTO.

A diferencia del sistema de soplado que es exclusivamente para tuberías mediante el proceso de baño abierto se puede galvanizar todo tipo de material siempre y cuando pueda ingresar en el crisol o cuba que contiene el zinc fundido, a diferencia del sistema antes mencionado la operación de este proceso se lo realiza con la ayuda de un puente grúa que permite la inmersión y extracción del material.

Para este proceso un operador comanda el puente grúa con el material a galvanizar y realiza una inmersión rápida del mismo, espera un tiempo prudencial dependiendo del espesor del material a galvanizar para su posterior extracción de manera lenta para garantizar la uniformidad de la capa de zinc, uno o varios operadores más realizan la limpieza de la superficie del zinc fundido para evitar suciedades en el material.

En la **Figura 2.7** se muestra un ejemplo del proceso de baño abierto.



Figura 2.7 Galvanizado por baño abierto Fuente: Autores

3. HORNO Y CRISOL DE GALVANIZADO.

El Hogar u Horno es aquel que encierra los gases de combustión procedentes del quemado de un combustible (diésel 2 industrial), este quemado es posible por uno o varios quemadores que son la herramienta principal en el proceso de Galvanizado, ya que mantienen la temperatura del zinc adecuada para el correcto proceso.

Dicho Horno está fabricado de planchas metálicas y recubiertas interiormente por capas de lana y fibra mineral que soportan hasta 1000 °C, la temperatura de operación interna bordea los 650°C siendo estas capas internas óptimas para concentrar la temperatura y no realizar transferencia hacia el exterior; en la **Figura** 2.8 se muestra de forma visual lo antes expuesto, adicional en el **Anexo # 1** se muestra el diseño de su estructura.

A los extremos anterior y posterior de este horno se sitúan 4 quemadores de combustible "fuel-oíl", 2 por cada lado; este horno tiene un consumo de combustible (Diésel 2 Industrial) promedio de 10.000 gal/mes.



Figura 2.8 Horno y crisol de Galvanizado
Fuente: Autores

El crisol o cuba es el recipiente donde se contiene el zinc primeramente en estado sólido para después por acción de calentamiento mantenerlo en estado líquido, para contener zinc en su interior debe ser diseñada de un acero especial, en el **Anexo # 2** se muestras las especificaciones del tipo de acero necesario para su elaboración.

1.3.1. ENCENDIDO Y TEMPERATURA DE OPERACIÓN DEL HORNO.

El encendido de este horno se lo realiza al arranque de las operaciones de la planta de Galvanizado y solo se lo apaga cuando se requiere realizar mantenimiento del crisol que contiene el Zinc fundido. En operaciones y condiciones normales este crisol tiene un tiempo de vida útil de aproximadamente 10 años, cabe indicar que su espesor original es de 2" y en este tiempo de vida cae a 1" aproximadamente lo que implica un desgaste significativo pudiendo ocasionar ruptura del mismo y derrame del contenido. Por esa condición se realiza mantenimientos y verificación del espesor cada 3 años, dándose aquí el caso de apagar el sistema y arrancarlo al momento de terminada la verificación.

Para realizar la verificación del espesor se evacua el zinc fundido con una bomba especial ya que la temperatura del mismo es de 450°C aproximadamente, esta acción se muestra en la **Figura 2.9.**



Figura 2.9 Evacuación de zinc Fuente: Autores

Una vez retirado el zinc se espera que las paredes del crisol se enfríen y posterior a esto se verifica el espesor con un medidor de espesor ultrasónico, el medidor nos dará una lectura en pulgadas determinando si se puede continuar con las operaciones con dicho crisol o si se necesita cambio del mismo, una muestra de dicha medición se ve en la **Figura 2.10**.



Figura 2.10 Medición de espesor de paredes del crisol **Fuente:** Autores

Para proceder con el encendido primero se realiza la carga general de todo el crisol con la materia prima Zinc, la **Figura 2.11** muestra la forma en que se debe cargar el zinc para un correcto proceso de fundición ya que la idea es que por transferencia pase temperatura desde el horno hacia la pared de la cuba y esta a su vez transfiera al zinc; esto es importante debido a que la temperatura de las paredes no puede sobrepasar los 480°C.



Figura 2.11 Carga inicial de zinc para arranque **Fuente**: Autores

Una vez llenada se realiza el encendido del sistema, se encienden 2 de los 4 quemadores, combinando uno de cada lado. Como se sabe la temperatura ambiente es de 27°C, dada esta referencia se realiza el control manual de encendido y apagado de los quemadores por cada hora de operación, una hora encendido y otra apagado, así hasta llegar a una temperatura de 200°C, al llegar a esta temperatura habrán transcurrido 3 días completos aproximadamente, luego de superar esta temperatura se realiza el control incrementando la temperatura 5°C por hora, es decir que al cabo del Quinto o Sexto día se tendrá temperatura de operación (450° C). Se debe mencionar que la **Figura 2.11** muestra la forma de llenado del crisol con la materia prima Zinc, la cual permite drenaje del mismo al tener temperatura de fundición (>420°C), es solo ahí donde interviene el personal realizando la reposición de los bloque que se van diluyendo para evitar el exceso de temperatura en las paredes del crisol; el crisol contiene aproximadamente 140 Toneladas de Zinc, pero al momento de la carga inicial solo entran 90 Ton. Las restantes 50 son incluidas a medida que se va fundiendo una vez superada la barrera de los 420°C. Al tener nivel de operación y temperatura adecuada inmediatamente se procede al proceso de producción rutinario, y es así que el horno solo se apaga al momento de determinar un mantenimiento, en el caso fortuito de la rotura del crisol y un eventual derrame del Zinc o por una falla de energía pero en este caso particular se cuenta con un generador solo para este proceso. Con esto se dice que aproximadamente el horno permanece encendido por 3 años más hasta su próxima revisión.

CAPÍTULO 3

CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA

3.1. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE CONTROL DE QUEMADORES.

En la Figura 3.1 se muestra el diagrama de bloques del sistema actual, se muestra el control para un solo quemador; el sistema opera con cuatro quemadores es decir los restantes tres operan en paralelo.

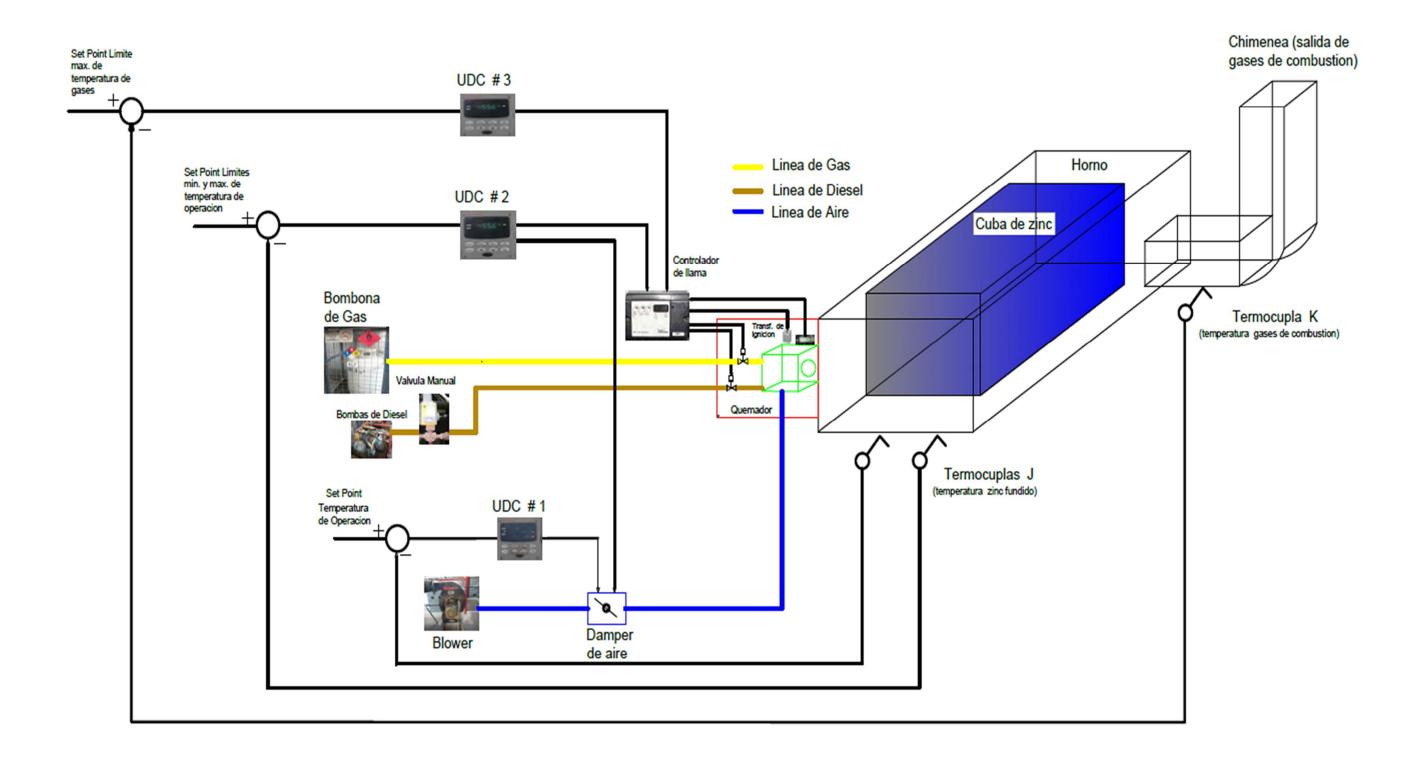


Fig. 3.1 Diagrama de bloques del sistema actual

Para este control se cuenta con un tablero que contiene tres controladores UDC (Controlador Digital Universal) de marca HONEYWELL (**Figura 3.2**), sus funciones principales son: regulación de Temperatura y seguridades del sistema mediante los límites de las mismas temperaturas.

El UDC es un microprocesador basado en un controlador independiente, combina una máxima funcionalidad y sencillez operativa, es un controlador ideal para regulación de temperatura en aplicaciones de calefacción y enfriamiento numerosas.



Fig. 3.2 UDC's de control Fuente: Autores

El UDC 3200 o UDC # 1 (véase **Figura 3.1**) se encarga de la regulación de temperatura mediante la regulación del paso de aire de combustión, es decir modula un elemento electromecánico que permite mayor paso de aire cuando la temperatura real es menor que la temperatura de set point, esto permite mayor llama de combustión para poder alcanzar la temperatura de seteo; de manera inversa funciona cuando la temperatura real sobrepasa la de seteo es decir regula un menor paso de aire.

El UDC 2500 o UDC # 2 (véase **Figura 3.1**) funciona como seguridad para temperaturas máximas y mínimas de operación. Para temperaturas inferiores a 435°C modula el regulador de paso de aire a 100% de apertura para incrementar la llama del o los quemadores, esto con el propósito de evitar que el zinc se solidifique.

Al superar los 465°C manda a apagar el o los quemadores como manera de protección ya que el crisol a temperaturas elevadas podría colapsar. Las temperaturas son medidas por 2 Termocuplas tipo **J** con su respectivo cable de compensación.

El segundo UDC 2500 o UDC # 3 (véase **Figura 3.1**) controla la temperatura de salidas de Gases de combustión, esta temperatura no debe exceder los 750°C y si supera este valor ocasionara daños en los ductos de salidas y al crisol en su parte externa. La temperatura es medida mediante una Termocupla tipo K con su respectivo cable de compensación.

Los UDC comandan un controlador de llama para cada quemador (véase **Figura 3.1**) los mismos que realizan la secuencia de encendido del quemador, para este control se tiene inconvenientes ya que el sensor de llama debe ser a fin con el controlador, esto quiere decir que por lo general son de la misma marca; el controlador y el sensor son de marca **Krom//schroder** (**Figura 3.3**), de procedencia americana los cuales no se encuentran en el país y son traídos bajo pedido de importación, por no tenerlos en el mercado nacional podría ocasionar problemas de retraso en pedidos y posiblemente pérdidas para la empresa y mala imagen para nuestros clientes.



Fig. 3.3 Controlador y Sensor de llama Krom//schroder Fuente: Autores

El principal problema del actual sistema es que desde su implementación no presenta un control totalmente automático ya que se requiere de una persona para reiniciarlo; esto ocurre porque uno de los elementos eléctrico (válvula Maxon) requiere un enclavamiento manual para seguir la secuencia de arranque (véase **Figura 3.1**).

La Maxon es una válvula de paso de diésel manual; mediante una palanca se realiza la apertura de la misma dejando libre el paso del combustible para el encendido de los quemadores, en la **Figura 3.4** se muestra de forma gráfica la válvula.



Fig. 3.4 Válvula manual de paso de Diésel "Maxon" **Fuente**: Autores

Para el sistema eléctrico se cuenta con un panel de control que está conformado por elementos electromecánicos (Relays, temporizadores), pudiendo simplificar toda esta circuitería con un PLC (Controlador Lógico Programable), el panel se muestra a continuación en **la Figura 3.5.**



Fig. 3.5 Tablero de control de Sistema de Quemadores actual Fuente: Autores

Las canaletas de protección del cableado de control y fuerza se encuentran en estado deplorable (**Figura 3.6**), en una sola canaleta se comparte el cableado del sistema de quemadores y del sistema de soplado, requiriendo un cambio urgente.



Fig. 3.6 Canaletas de cableado Fuente: Autores

Otro problema latente es la ubicación de los elementos actuadores de cada quemador (**Figura 3.7**) ya que se encuentran muy próximos a las paredes del horno y su temperatura ocasiona calentamiento y deterioro de la mayoría de ellos.



Fig. 3.7 Ubicación de elementos cerca de pared del horno **Fuente:** Autores

3.1.1. EQUIPOS ADICIONALES DEL SISTEMA

Además de los controladores UDC y los elementos de control del panel, el sistema cuenta con varios otros equipos que se detallan a continuación.

♣ Blower para inyección de aire y regulador de paso de aire de marca Barber Colman, este regulador de paso es controlado por el UDC # 1.



Fig. 3.8 Blower y regulador de paso de aire **Fuente:** Autores

♣ 2 bombas de presión para ingreso de diésel con sus respectivos filtros.



Fig. 3.9 Bombas de presión para ingreso de diésel **Fuente:** Autores

♣ Bombona de Gas Industrial.



Fig. 3.10 Bombona de almacenamiento de GLP. **Fuente:** Autores

♣ Selenoides para paso de Diésel y Gas.



Fig. 3.11 Selenoides de Gas y Diésel **Fuente:** Autores

♣ Transformadores de Ignición para cada quemador



Fig. 3.12 Transformadores de Ignición Fuente: Autores

♣ Alarma visual en el panel de control.

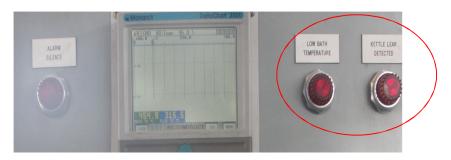


Fig. 3.13 Alarmas de baja temperatura y de derrame.

Fuente: Autores

3.1.2. ESQUEMAS ELÉCTRICOS DEL SITEMA ACTUAL.

En el **Anexo** # 3 se muestran los planos eléctricos que fueron entregados por la empresa que vendió la ingeniera a Novacero.

3.2. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE CONTROL DEL SOPLADO.

Para control se cuenta con dos tableros, el principal (**Figura 3.14**) que es donde se encuentra el PLC con sus elementos que acompañan al manejo del sistema y la consola de mando (**Figura 3.15**) básicamente formada por pulsantes para el control manual y por perillas (potenciómetros) para regulación de velocidades de motores así como también para variación de tiempo de soplado.



Fig. 3.14 Panel principal del sistema de Soplado **Fuente:** Autores

44



Fig. 3.15 Consola de control del Sistema de Soplado Fuente: Autores

La canaletas de protección del cableado están en estado deplorable ya que son compartida por ambos sistemas, pero también las fundas selladas que alimentan motores y actuadores se encuentran en mal estado, en **la Figura 3.16** se evidencia el estado actual de las protecciones del cableado



Fig. 3.16 Alimentación de motores y actuadores **Fuente:** Autores

La Junction box (Caja de empalmes eléctricos) no fue bien dimensionada ya que gran parte del cableado de control y fuerza está por fuera de las canaletas y sostenido con amarras para evitar inconvenientes, la **Figura 3.17** muestra la JBX actual del sistema.



Fig. 3.17 JBX de Soplado (Junction Box) **Fuente:** Autores

3.2. SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDADES Y TIEMPO.

Para la extración de las tuberias desde el interior de la cuba se requiere del movimiento de rodillos, estos rodillos deben girar a una velocidad adecuada dependiendo del diametro de la tubería procesada.

El sistema actual cuenta con cuatro variadores de la familia MICROMASTER de SIEMENS (**Figura 3.18**), encargado cada uno de la regulación de velocidad para roseta de ingreso de tubos, rodillos 1 de extracción, rodillos 2 de arrastre y transportador de tubos para enfriamiento



Fig. 3.18 Variadores de velocidad Micromaster. **Fuente:** Autores

Para la regulacion tanto de la velocidad de los motores como el tiempo de soplado interior se cuenta con potenciometros que son manipulados deacuerdo a una tabla que indica la frecuencia a la cual debe estar cada variador y el tiempo en segundos para cada tipo de tuberia; para conocer los parametros de regulación se muestra la tabla en el **Anexo # 4**.

Los potenciometros son lineales de 10 vueltas (**Figura 3.19**) con su respectivo marcador de vuelta pero al realizar una mala operación son completamente descalibrados dificultando el modo de control visual y quedaria como unica alternativa realizar la regulacion visualizando el variador es decir, se requiere abrir el panel principal para visualizar la frecuencia de operación; así mismo no se puede observar el tiempo de soplado para este caso se realiza prueba y errores.



Fig. 3.19 Potenciómetros de regulación.

Fuente: Autores

3.2.2. ESQUEMAS ELÉCTRICOS DEL SITEMA ACTUAL.

Contar con los esquemas eléctrico, programa del PLC y demás planos del sistema es importante para: resolver daños, realizar cambio de elementos, implementar mejoras en el sistema o mantenimiento del mismo, sin embargo este sistema no cuenta con respaldos lo cual dificulta la resolución de algún tipo de daño del equipo, con lo único que se cuenta es con el programa del PLC que fue extraído desde la CPU.

3.3. CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

Se concluye que el sistema necesita cambios para poder mantener los conceptos fundamentales que se persiguen como metas de producción de una planta, que son la confiabilidad y la eficiencia.

Se requiere de un sistema los más autónomo posible que sea muy eficiente y supla todas las necesidades del sistema actual, que un equipo realice el control de las variables y permisibles del sistema y no funcionen por separado, eliminar los elementos de accionamiento para que el sistema realice un reset automático en caso de fallas o cortes de energía, y realizar el cambio de elementos de control surtidos en el mercado nacional para evitar inconveniente con importaciones.

Se necesita también unificar todos los sistemas de regulación de parámetros de operación (Temperaturas y velocidades), esto con el fin de simplificar operaciones y enlazar los parámetros para un mejor control.

Adicional se requiere un cambio total en el cableado del sistema (cables y protecciones), y simplificar el cableado de control utilizando equipos de periferia descentralizada para control en el campo.

Otra de las necesidades es alejar los elementos de accionamiento de los quemadores que se encuentran muy próximos a las paredes del horno, las mismas que mantienen cierta temperatura y afectan el correcto funcionamiento de los equipos.

CAPÍTULO 4

SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO

4.1 ESQUEMA DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL.

La **Figura 4.1** muestra el diagrama de bloques para el control del sistema propuesto.

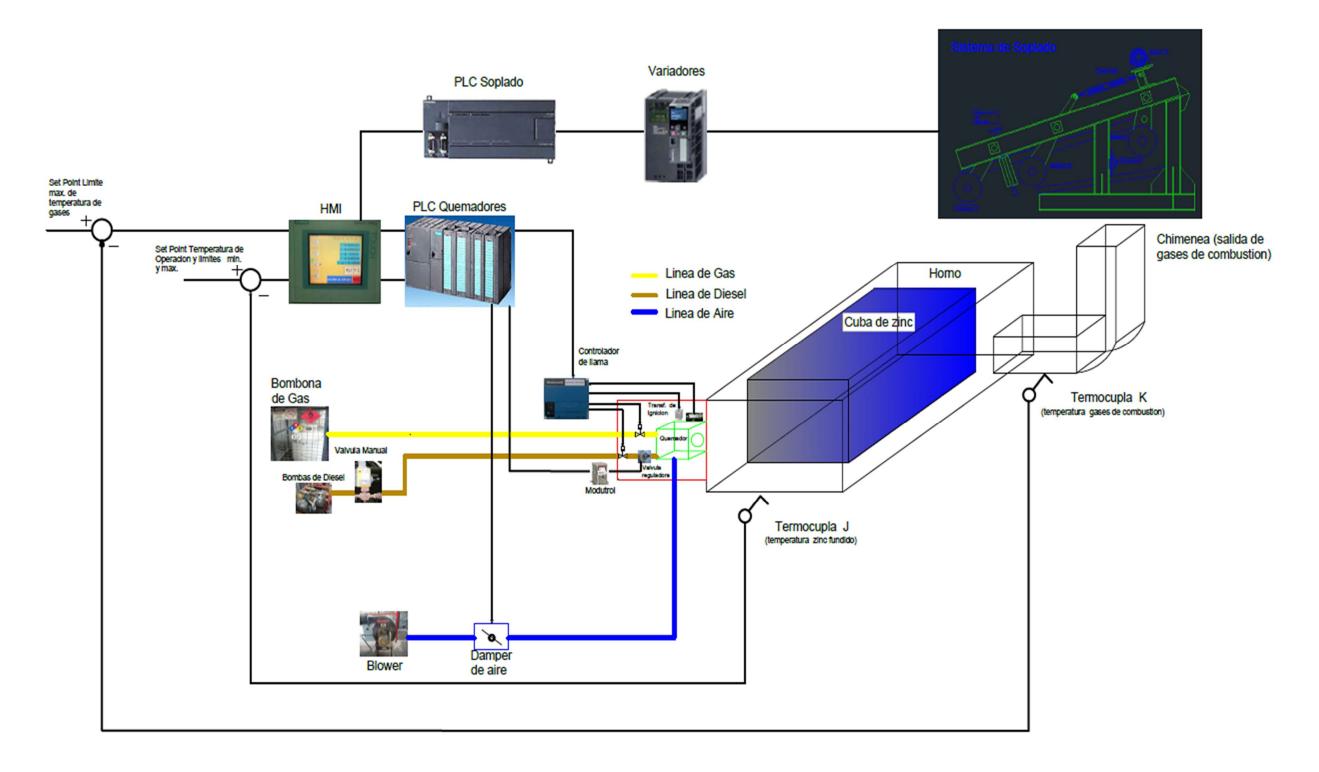


Fig. 4.1 Diagrama de bloques del sistema propuesto

Fuente: Autores

4.1.1. DESCRIPCIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURA.

La propuesta consiste en utilizar un Controlador Lógico Programable (PLC) de marca SIEMENS de la familia S7-300 (véase **Figura 4.1**), que actuará como parte central de control del sistema de quemadores reemplazando a los controladores UDC (Controladores Digitales Universales) de la **Figura 3.1** del capítulo 3, se cambiará los controladores de encendido de quemadores de marca Krom//schroder por controladores HONEYWELL que si se encuentran localmente, así mismo los sensores de llama serán de marca HONEYWELL; y se utilizarán los mismos sensores de temperatura (Termocuplas J y K).

El horno de Galvanizado cuenta con dos Termocuplas Tipo J en la parte delantera (1 y en la **Figura 4.2**) las cuales entregan señales de temperatura del crisol (cuba que contiene el zinc), estas Termocuplas controlan la temperatura de operación.

Adicional se cuenta con una Termocupla Tipo K (2 en **Figura 4.2**) que entrega temperatura salida de gases del horno, el control de esta Termocupla es de seguridad para sobre-temperatura de gases del horno.

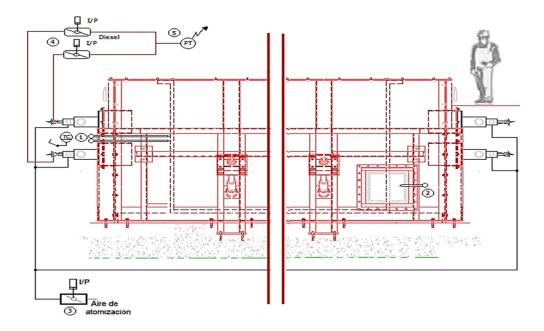


Figura 4.2 Diagrama de Instrumentación para control de Temperatura **Fuente**: Autores

La temperatura se controla mediante la válvula de atomización para todos los quemadores (3 en **Figura 4.2**) y las válvulas de diésel individuales de cada quemador (4 en **Figura 4.2**), la regulación de las válvulas permiten el control de la flama y consecuentemente el control de temperatura.

Finalmente se cuenta con dos bombas de presión para el ingreso de diésel al sistema, aquí se cuenta con un medidor de presión (5 en **Figura 4.2**), el cual controla la presión de entrada a los quemadores para la correcta combustión.

El PLC Quemadores de la **Figura 4.1** se encargará de controlar en forma manual y automática la temperatura de operación del crisol mediante una temperatura de Setpoint, dicho control se lo realizara con la apertura y cierre del dámper de aire para combustión. También realizará el monitoreo de la temperatura de gases de combustión del horno y la generación de alarmas para los eventos suscitados.

La **Figura 4.3** muestra a detalle el diagrama de control para temperatura de operación.

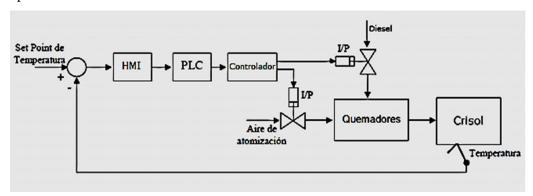


Figura 4.3 Control de Temperatura de Operación **Fuente**: Autores

4.1.1.1. CONTROL DE ENCENDIDO DE QUEMADORES.

La propuesta abarca comandar cada quemador con un controlador de llama de la familia HONEYWELL (véase **Figura 4.1**), el cual recibirá la señal desde el PLC encendiendo y apagando el o los quemadores dependiendo de la diferencia de temperatura que exista entre el Set-point y la temperatura de operación (real).

El control de cada quemador se lo realiza de la siguiente manera:

El PLC envía señal de arranque de secuencia al controlador, este mediante un temporizador interno espera aproximadamente 15 segundos y envía dos señales la primera apertura la solenoide de gas y la segunda activa un transformador de alto voltaje que mediante un electrodo realiza una chispa y al entrar en contacto con el gas realiza lo que se conoce como llama piloto; seguidamente se verifica la aparición o no de llama mediante un sensor UV el cual al detectar el estado da una señal al controlador para la posterior apertura de la solenoide de diésel y así conseguir la llama final de operación que es la que mantendrá el horno en temperatura de trabajo, todo lo expuesto se muestra en la **Figura 4.4**.

4.1.1.2. REGULACIÓN DIÉSEL-AIRE PARA COMBUSTIÓN.

Mediante un control desde el PLC se comandará un motor de posición para la regulación del aire de combustión y otro motor para la regulación de válvula de diésel, todo esto para otorgar el correcto porcentaje de aire y de diésel, de manera visual se muestra este control de los motores y las válvulas en la **Figura 4.4**.

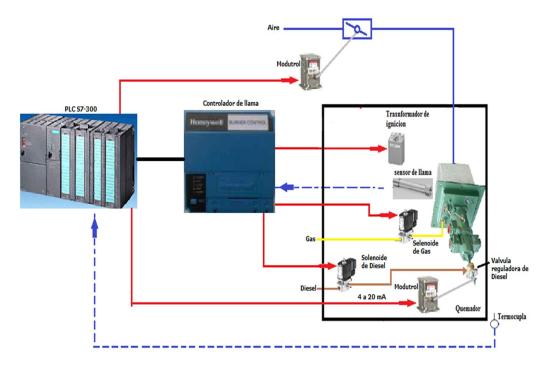


Figura 4.4 Control de encendido de cada quemador **Fuente**: Autores

4.1.2. DESCRIPCIÓN DEL CONTROL DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN.

El sistema de soplado cuenta con 4 motores para extracción, movimiento y traslación de la tubería procesada (**Figura 4.5**), estos motores son controlados cada uno por un variador, también se cuenta con una corneta que inyecta vapor para limpieza interna de la tubería.

Para el control de Soplado se mantendrá el PLC S7-200 (véase **Figura 4.1**) que hasta el momento comanda el sistema, se realizará cambio de variadores Micromaster por variadores Synamics G120 que se enlazaran con todo el sistema mediante comunicación Profibus (véase **Figura 4.7**). La **Figura 4.5** ayuda a entender mejor el control de parámetros de este sistema.

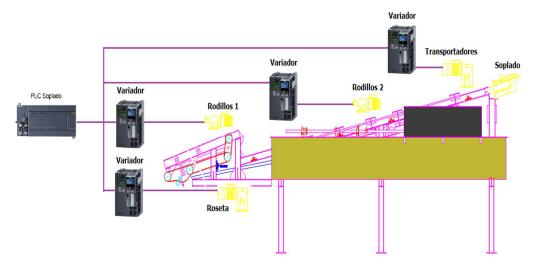


Figura 4.5 Control de parámetros del sistema de Soplado **Fuente**: Autores

4.1.3. CONTROL DIGITAL DE TODOS LOS PARÁMETROS.

Para simplificar la regulación de parámetros como son: temperaturas de operación, temperaturas límites, velocidades de extracción de tubería y tiempos de soplado (limpieza interna del tubo) se adicionará un HMI marca SIEMENS (véase **Figura 4.1**) que se encontrará en una nueva consola de mando.

Este HMI será programado a base de recetas, una por cada tipo de tubería de las actualmente procesadas en Novacero y mediante un solo pulso se realizará las regulaciones de los parámetros antes mencionados, la **Figura 4.6** muestra el sistema de control para los parámetros de operación.

La comunicación de este elemento (HMI) será a través de una red Profibus (véase **Figura 4.7**) es decir se comunicará con ambos PLC y con variadores de marca Synamics que regularán las velocidades del sistema.

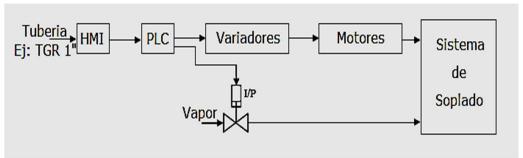


Figura 4.6 Control de Parámetros de Soplado Fuente: Autores

4.1.4. ELIMINACIÓN DE CABLEADO DE CONTROL.

En la propuesta se implementará un equipo de periferia descentralizado (ET-200S) cerca de los actuadores, esto con el propósito de eliminar el cableado de control y solo llevar líneas de fuerza por las canaletas de protección.

La conexión de este equipo será mediante cableado Profibus (véase **Figura 4.7**) y será muy útil en caso de presentarse algún daño en el cableado ya que para cableado de control se utiliza una cantidad X de hilos y representa tiempo encontrar cual conductor presenta desperfecto, mas no así con el Cable Profibus ya que se identifica rápidamente la apertura del mismo y solo se debe cambiarlo.

4.1.5. RED INDUSTRIAL PROPUESTA.

Todo el sistema será mediante comunicación PROFIBUS, siendo el CPU 300 del

sistema de quemadores como MASTER dejando el HMI, la ET-200, Variadores y el CPU 200 del sistema de soplado como ESCLAVOS. En la **Figura 4.7** se muestra el esquema propuesto de comunicación Industrial.

SISTEMA PROPUESTO

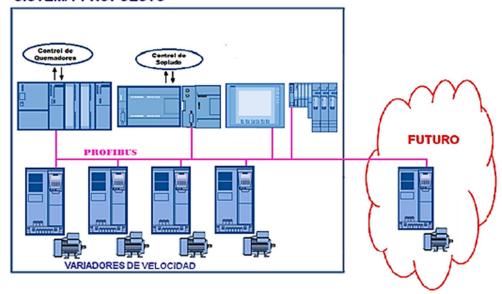


Figura 4.7 Esquema general propuesto de comunicación Industrial **Fuente:** Autores

CAPÍTULO 5

DISEÑO ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE MATERIALES DEL PROYECTO

5.1. DESCRIPCIONES GENERALES.

Es importante en todo circuito eléctrico presentar esquemas del equipo para poder fácilmente interpretar dichas señales en el caso de una avería que tenga el mismo o para poder interpretar su funcionamiento y de ser posible su mejoramiento.

Los sistemas de control eléctricos resultan ser vitales para el funcionamiento del equipo ya que garantizan el accionamiento desde simples circuitos que gobiernen a través de elementos finales de control, hasta sistemas de automatización tan complejos que se encuentran interconectados los elementos de control con los elementos de fuerza.

La implementación de protecciones a los sistemas de control, garantizan el funcionamiento óptimo de todo el proceso, permitiendo proteger cuando el tiempo de operación este fuera del régimen normal de trabajo y de existir sobrecargas o perturbaciones en su modo de funcionamiento normal permitir la respuesta adecuada del sistema.

Para que los sistemas de control o equipos se pongan en marcha es necesario utilizar aparatos de maniobra, los mismos que son capaces de unir, interrumpir, conmutar o seleccionar uno más circuitos eléctricos y/o neumáticos.

Inicialmente se realiza un diseño de control eléctrico para el funcionamiento de ambos sistemas, los mismos que ayudarán en lo posterior a la programación de los PLC para que cumplan con los requerimientos tanto control y de fuerza. Posterior al diseño eléctrico y bosquejo de ubicación de los elementos en cada tablero se realizará la selección de los elementos de protección, control y accionamiento para cada uno, también la selección de los conductores para el cableado de control y fuerza.

El diagrama de control para el sistema de Soplado se describe en la **Figura 5.1.**

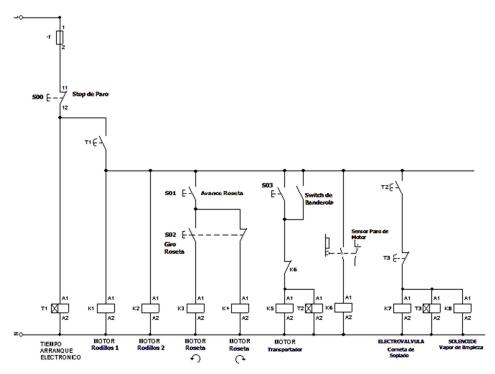


Figura 5.1 Diseño eléctrico de control para sistema de Soplado **Fuente:** Autores

Se requiere de protecciones para los elementos, para el control se requiere un S00 (hongo de paro con contacto normalmente cerrado) para deshabilitar todo el sistema, al ser desenclavado se habilita un temporizador T1 que mediante secuencias de tiempo habilitará los motores, mediante un pulsante S01 se dará marcha al motor de la roseta, pero el motor actuará en ambos sentidos dependiendo del selector de dos posiciones S02; mediante el pulsante S03 o el Switch de la banderola se accionará el motor de transportación, este motor se detiene en posición correcta mediante un sensor inductivo

Simultáneamente al motor de transportación se acciona también un temporizador T2 para espera que el tubo se encuentre en posición de soplado, al cumplirse este tiempo se acciona una electroválvula para salida de corneta de soplado, una solenoide para liberación de vapor y un temporizador T3 para regulación de tiempo de soplado.

El hongo de paro, los pulsantes de accionamiento y selectores para la manipulación del sistema se ubicaran en la cabina de extracción de tubería.

La **Figura 5.2** muestra el esquema a utilizar para diseño del sistema de fuerza.

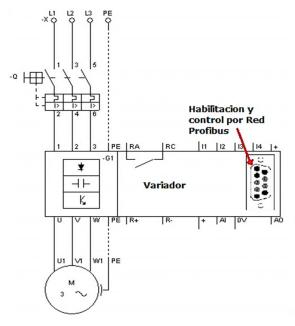


Figura 5.2 Diseño eléctrico de fuerza para sistema de Soplado **Fuente:** Autores

El diagrama de control para el sistema de Quemadores se describe en la Figura 5.3.

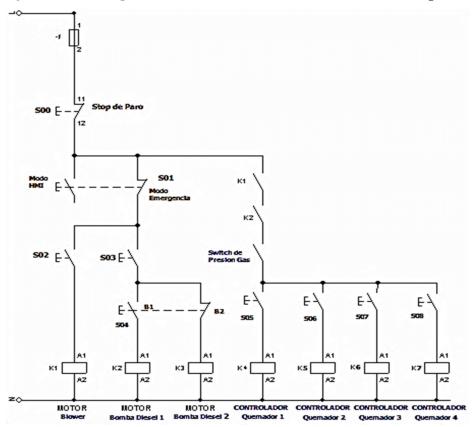


Figura 5.3 Diseño eléctrico de control para sistema de Quemadores **Fuente:** Autores

Se requiere de protecciones para los elementos, para el control se requiere un S00 (hongo de paro con contacto normalmente cerrado) para deshabilitar todo el sistema, al ser desenclavado se puede dar inicio a la secuencia de arranque del sistema, mediante el selector S01 podemos controlar el sistema desde un HMI o mediante pulsantes físicos ubicados en la consola de mando.

Para ambas posiciones la lógica se cumple de la misma forma siendo esta:

S02 da marcha al motor del Blower, S03 da marcha al motor de la bomba sea esta bomba 1 o bomba 2 mediante la selección del S04, cumplido con el arranque del sistema y bajo verificación de un switch de presión que determina que existe gas se procede a encender el o los quemadores necesarios mediante los pulsantes S05, S06, S07 y S08, estos accionan el controlador de llama para cada quemador encargándose este del encendido.

La presentación de estos diseños plasmado en planos de control y fuerza se muestran en este mismo capítulo en la sección 5.6 PLANOS y la programación de los equipos de automatización basada en estos mismos diseños se muestran en el Anexo 6 (Programación S7-300) y Anexo 7 (Programación S7-200)

5.2. TABLEROS DE CONTROL.

Se requiere de tres tableros para cumplimiento de estos diseños eléctricos, estos son:

- 1.- Consola de mando
- 2.- Tablero de control Soplado
- 3.- Tablero de control Quemadores
- 4.- Tablero de control ET-200

Estos deberán ser construidos en plancha de 1/16, pintado con pintura electrostática beige, con bisagras y cerradura en la parte frontal, en su interior se encuentra la placa de montaje en color anaranjado, cumpliendo así con los estándares normales de fabricación. Su ubicación será en el denominado cuarto de control (**Figura 5.4**), lugar donde se encontraban ubicados los tableros que hasta la actualidad operaban el

sistema; es un cuarto con aire y accesible al operador para las revisiones y calibraciones del caso.

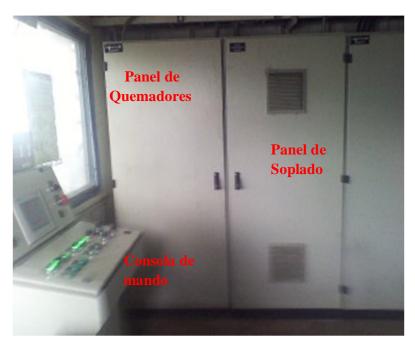


Figura 5.4 Ubicación de Tableros de control **Fuente:** Autores

La Junction Box ET-200 o caja de empalmes eléctricos (**Figura 5.5**) será ubicada cerca de los actuadores del sistema,



Figura 5.5 Ubicación de Junction Box **Fuente:** Autores

5.2.1. SELECCIÓN DE TABLEROS

La **Tabla 5.1** muestra los tableros necesarios para el desarrollo del proyecto.

	Cantidad	Unidad	Elemento	Características
Para sistema	1	uni.	Tablero	0,80 x 1,75 x 0,35 (a x h x f)
de	1	uni.	Consola de mando	0,60 x 1,10 x 0,35 (a x h x f)
quemadores	4	uni	Junction Box	Tableros de conexiones en campo
Para sistema	1	uni.	Tablero	0,80 x 1,75 x 0,35 (a x h x f)
de soplado	1	uni	Junction Box	Tableros de conexiones en campo

Tabla 5.1 Tableros necesarios para el control del sistema

Fuente: Autores

5.3. ELEMENTOS PARA PANELES DE CONTROL.

Pulsadores:

Los pulsadores son dispositivos de bajo poder de corte, se diferencia de los interruptores porque actúan en apertura o cierre solamente si actúa sobre ellos una fuerza externa, recuperando su posición inicial tan pronto cesa dicha fuerza. Los pulsadores son considerados como elementos sin memoria, siendo más utilizados en la operación de contactores y fundamentalmente en elementos de mando.

En las **Figura 5.6** observamos pulsadores normalmente abiertos o normalmente cerrados.

Figura 5.6 Diagramas de pulsadores **Fuente:** Autores

Para la selección de pulsadores, stop de paros de emergencia, selectores se analiza su ubicación y su uso, pero todos de medida estándar de 22 mm de diámetro tanto para colocación en tableros como para botoneras, para el proyecto se requiere pulsantes luminosos, hongos de para con giro para desenclavar y selectores de 2 y 3 posiciones con retorno y sin retorno al centro.

Contactores:

Para poner en marcha motores eléctricos es necesario contar con aparatos de maniobra que puedan manejar gran cantidad de corriente eléctrica, para arranque, paro o protección de los motores eléctricos. El Contactor es un elemento de maniobra utilizado para el arranque automático de motores eléctricos, se operan con mandos a distancia, cuyo accionamiento puede realizarse con pulsadores, interruptores, salida de autómata y otros, en la **Figura 5.7** se observa la estructura elemental del Contactor.

Figura 5.7 Estructura elemental de un contactor Fuente: Autores

Para garantizar la fiabilidad del contactor es necesario conocer las características de la carga como tipo, clase de corriente, potencia (HP del motor), y otros.

Se requiere:

Contactores para motores de 3 HP con bobina de 110 V.
Contactores para motor de 10 HP con bobina de 110 V.
Contactores para motores de ½ HP con bobina de 110 V.

Relés:

Los sistemas de control necesitan realizar diferentes tipos de maniobra, ya sea para que un dispositivo accione grandes potencias, aislé dos circuitos eléctricos o en su defecto de un estado de información al sistema; la elección de los diferentes circuitos y componentes de regulación y control deberán estar vinculados de acuerdo a la potencia que maniobre la máquina.

El relé es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico y posee dos circuitos diferentes que son el electroimán y los contactos, dichos contactos permiten abrir o cerrar circuitos eléctricos independientes (ver **Figura 5.8**), el circuito de salida puede ser de mayor potencia que la señal de entrada. Los contactos de un relé pueden ser normalmente abiertos o normalmente cerrados, además pueden poseer más de un circuito de contactos.

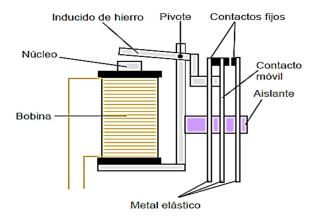


Figura 5.8 Estructura elemental de un relé **Fuente:** http://www.electronicafacil.net/tutoriales/El-rele.php

Guarda motores:

El guardamotor es una solución compacta para la protección del circuito eléctrico y arranque/protección de motores, posee elevada capacidad de interrupción, permitiendo su empleo incluso instalaciones con elevado nivel de corrientes de cortocircuito. Asegura total protección al circuito eléctrico y al motor a través de su disparador térmico (ajustable para protección contra sobrecargas y tiene un mecanismo diferencial con sensibilidad contra falla de fases). **La Figura 5.9** muestra su diagrama

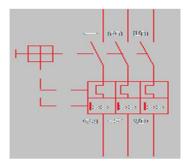


Figura 5.9 Diagramas de guardamotor **Fuente:** Autores

Para el cálculo del guardamotor necesario se toma la referencia de la corriente nominal (In) de placa del motor y se agrega el 125%, obteniendo así una Ic (corregida)

Todos los motores del sistema de soplado (rodillos 1, rodillos 2, roseta y transportadores son de 3 HP con una corriente nominal de 9,6 Amp.

$$Ic = 9.6 \text{ Amp } X 1.25 = 12 \text{ Amp}$$

Según catalogo Schneider se selecciona Guardamotores con regulación de 13 a 18 Amp para cada motor.

Para el motor del Blower de quemadores tenemos:

$$Ic = 14,4 \text{ Amp X } 1,25 = 18 \text{ Amp}$$

Según catalogo Schneider se selecciona Guardamotor con regulación de 24 a 32 Amp.

Para los motores de las bombas de diésel tenemos:

$$Ic = 0.95 \text{ Amp } X 1.25 = 1.18 \text{ Amp}$$

Según catalogo Schneider se selecciona Guardamotor con regulación de 1,6 a 2,5 Amp para cada motor.

Interruptores Termomagnéticos:

Es un dispositivo que nos permite conectar o desconectar la alimentación ya sea en condiciones normales o de falla, además de proveernos de protección (térmica y magnética). Su principal característica es la protección contra corto circuito y sobrecarga. La **Figura 5.10** muestra su estructura.

Disparo Térmico: La circulación de la corriente es a través de una tira bimetálica, la resistencia de la tira bimetálica desarrolla calor el cual origina que el bimetal se incline hasta que su movimiento sea lo suficiente para activar el mecanismo y permitir que el interruptor opere.

Disparo magnético: Para grandes corrientes de falla se adiciona un solenoide magnético que es el camino de la corriente a través del interruptor, este atrae una armadura magnética para provocar el disparo del interruptor.

Descripción de un magnetotérmico unipolar

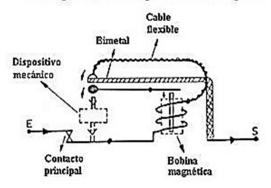


Figura 5.10 Estructura elemental de un interruptor termomagnético **Fuente:** http://intermomagneticos.blogspot.com/

Para la selección de los interruptores se toma como referencia las recomendaciones de hojas técnicas de cada elemento.

Interruptor termomagnético para fuente del PLC: 6 Amp, 1 polo (manual Simatic características de módulos)

Interruptor termomagnético para fuente del HMI: 2 Amp, 1 polo (manual Simatic características de módulos)

Interruptor termomagnético para fuente del ET-200: **2 Amp, 1 polo** (manual Simatic características de módulos)

Interruptor termomagnético para transformador:

Transformador de 500 VA; 440 V

 $I = 500 \text{ VA} / 440 \text{ V} = 1{,}13 \text{ Amp}$

Se requiere un termomagnético 2 Amp, 2 polos

Controladores de llama:

Los Módulos de Relé de Honeywell son controles de quemadores basados en micro procesadores para su aplicación en sistemas de encendido automático de gas, diésel o combinación de combustibles en un solo quemador.

Las funciones que proporciona el controlador incluyen la secuencia automática de encendido de quemadores, supervisión de llama, indicación del estado del sistema, diagnóstico del sistema o autodiagnóstico y detección de problemas. El diagrama de bloques de control se muestra en la **Figura 5.11**.

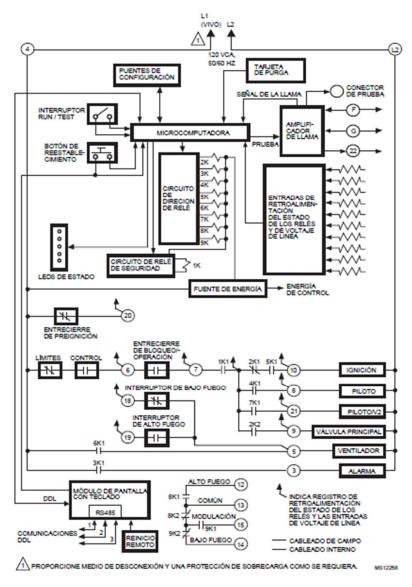


Figura 5.11 Diagramas de bloques del controlador Honeywell **Fuente:** Catalogo Honeywell; Módulos de relé serie 7800

5.3.1. SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA ARMADO DE PANELES

La **Tabla 5.2** muestra los elementos necesarios para el tablero de control del sistema de soplado, consola de mando y de quemadores.

	Cant i.	Unida d	Elemento	Marca	Características	
	5 uni. Canaletas		Camsco	GA65 0,60 x 0,55		
	5	uni.	Tapas para canaleta	Camsco	Tipo GA6	
	4	uni.	Riel Din		Omega Din 35 (2mt)	
	2	uni.	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 6 Amp	
	1	uni.	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 4 Amp	
	3	uni.	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 2 Amp	
	12	uni.	Relays		Bobina 110 VAC 5 pines	
Para tablero de	16	uni. Relays			Bobina 24 VDC 5 pines	
quemador	42	uni. Base para Relays			Para 5 pines	
es	4	uni.	Controladores de llama	Honeywell	Controlador 120 VAC	
	4	uni.	Sub-bases	Honeywell	Base para controlador de llama	
	4	uni.	Amplificadores de llama	Honeywell	Amplificador para sensor de llama	
	4	uni.	Tarjetas de purga	Honeywell	Tarjetas de 10 seg de purga	
	1	uni.	Guardamotor	Schneider	24 a 32 Amp	
	2	uni.	Guardamotores	Schneider	1,6 a 2,6 Amp	
	1	uni.	Contactores	Telemecaniq ue	Bobina de 110 VAC para 10 HP	
	2	uni.	Contactores	Telemecaniq ue	Bobina de 110 VAC para 3 HP	
Para	1	uni.	Paro de emergencia	Harmony	Hongo de paro con contacto NC	
consola de mando	5	uni.	Selector	Harmony	Selector 2 posiciones sin retorno al centro	
	7	uni.	Pulsantes	Harmony	Pulsante con retorno iluminado	
	5	uni.	Canaletas		GA35 0,30 x 0,55	
	5	uni. Tapas para canaleta			Tipo GA3	
	3	uni.	Riel Din		Omega Din 35 (2mt)	
	1	uni	Breaker	Merlin Gerin	Breaker de 60 Amp	
Para	1	uni	Distribuidor de carga	Legrand	4 Lineas	
tablero de	1	uni	Transformador	General Electric	0,5 KVA 440/220-110 VAC	
soplado	5	uni	Guardamotores	Schneider	de 13 a 18 Amp	
	1	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 6 Amp	
	2	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 3 Amp	
	2	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 2 Amp	

	1	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 1 Amp
	2	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 4 Amp
	1	uni	Interruptor Termomagnético	Siemens	5SX - 10 Amp
	5	uni Interruptor Termomagnético		Siemens	5SX - 2 Amp
	16	uni.	Relays		Bobina 24 VDC 5 pines
	4	uni	Reactancia	Siemens	Reactancia de entrada

Tabla 5.2 Elementos necesarios para el control del sistema **Fuente:** Autores

5.4. ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO (ACTUADORES).

Motores:

Los motores trifásicos usualmente son más utilizados en la industria, ya que en el sistema trifásico se genera un campo magnético rotatorio en tres fases, además de que el sentido de la rotación del campo en un motor trifásico puede cambiarse invirtiendo dos puntas cualesquiera del estator, lo cual desplaza las fases, de manera que el campo magnético gira en dirección opuesta.

Los parámetros de operación de un motor designan sus características, es importante determinarlas, ya que con ellas conoceremos los parámetros determinantes para la operación del motor. Las principales características de los motores de C.A. son: Potencia, Voltaje, Corriente, Frecuencia, RPM; en la **Figura 5.12** se muestra un placa característica de un motor.

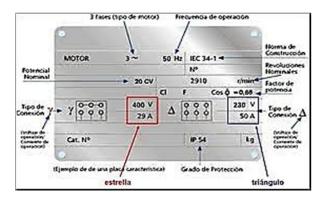


Figura 5.12 Placa característica de un motor eléctrico
Fuente: http://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos.shtml

Actuador y válvula de paso de aire:

El actuador es un pequeño motor que mediante acoples mecánicos realiza el posicionamiento de algún elemento, para el proyecto en particular regulara una válvula tipo mariposa (**Figura 5.14**) para paso de aire de combustión.

La **Figura 5.13** muestra el diagrama de funcionamiento del actuador.

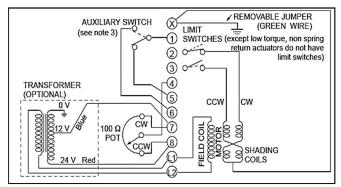


Figura 5.13 Diagramas de funcionamiento del Actuador **Fuente:** Catalogo Barber Colman; Electric Actuators

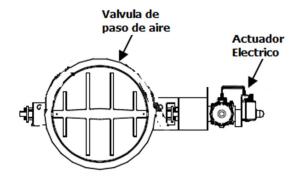


Figura 5.14 Válvula Mariposa de paso de aire **Fuente:** Catalogo PROCESS DEVELOPMENT & CONTROL, INC.

Actuador y Válvula para regulación de diésel:

Los motores Modutrol de Honeywell son utilizados para controlar reguladores y válvulas.

Los motores aceptan una corriente o señal de voltaje de un controlador electrónico que brinde una salida de corriente estable proporcional sin ruido para colocar el regulador o la válvula en cualquier punto entre abierto y cerrado.

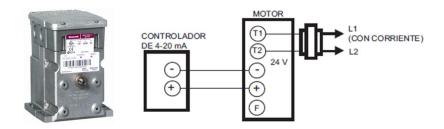


Figura 5.15 Modutrol y esquema de funcionamiento **Fuente:** Catalogo Motores Modutrol IVTM Series 71, 72 y 76

Válvula reguladora de caudal Marca Hauck Serie S-3 de 3/8" angular, controla el paso de diésel de entrada a cada quemador para realizar la llama de operación, la **Figura 5.16** muestra la válvula.



Figura 5.16 Válvula de caudal de diésel. **Fuente:** http://www.generavapor.com.pe/nueva/detalles.php?id=189

5.4.1. SELECCIÓN DE ELEMENTOS ACTUADORES

La **Tabla 5.3** muestra los elementos necesarios para el accionamiento en sitio del sistema de soplado, consola de mando y de quemadores.

Canti.	Unidad	Elemento	Marca	Características
4	Uní.	Motores	Siemens	Motores de 3 HP 440/220 V 60 Hz
1	Uní.	Motor	Siemens	Motor de 10 HP 440/220 V 60 Hz
2	Uní.	Motores	Siemens	Motores de ½ Hp 440/220 V 60 Hz
1	Uní.	Actuador	Barber Colman	Motor de posicionamiento para paso de aire
1	Uní.	Regulador		Válvula Mariposa de paso de aire
2	Uní.	Modutroles	Honeywell	Motor 4-20 mA para regulación de diésel
4	Uní.	Válvulas	Hauck	Válvula reguladora de caudal de diésel

Tabla 5.3 Elementos necesarios de accionamiento

Fuente: Autores

5.5. CABLES NECESARIOS.

Hay que recordar que cables de control solo se utilizaran para cableado de tableros ya que para conexión con equipos de campo se utiliza la comunicación Profibus (Cable Profibus). El cable a utilizar será # 16 AWG.

El cableado de fuerza se requiere dependiendo de la corriente de consumo del motor, para esto necesitamos:

Motor del Blower (10 HP- ref. 24 Amp) = **Cable concéntrico 4 x 10**Motores de Bombas de diésel (1/2 HP-ref. 1,6 Amp) = **Cable concéntrico 4 x 12**Motores de Arrastre de soplado (3 HP- ref. 13 Amp) = **Cable concéntrico 4 x 12**Esta selección basada en la tabla mostrada a continuación:

				Intensid	ad en ar	mperios
Calibre A.W.G	Diámetro mm	Sección mm ²	Aire liure		ਤ conductores en tubo	
			TW	desnudo	TW	asbesto
0000	11.58	107.20	300	370	195	340
000	10.38	85.00	260	320	165	285
00	9.36	67.42	225	275	145	250
0	8.25	53.48	195	235	125	225
2	6.54	33.62	140	175	95	165
4	5.18	21.15	105	130	70	120
6	4.11	13.29	80	100	55	95
8	3.26	8.32	55	70	40	70
10	2.59	5.29	40	55	30	55
12	2.05	3.29	25	40	20	40
14	1.62	2.08	20	30	15	30
16	1.29	1.29	12	16	8	16
18	1.02	0.85	8	12	6	12

Tabla 5.4 Corriente soportada por conductores eléctricos

Fuente: http://www.unicrom.com/tut_calibres-conductores-electricos.asp

Basado en la misma tabla se necesita cable unifilar #12 AWG para el accionamiento de actuadores en campo desde la ET-200.

Para las conexiones de elementos de medición de temperatura (Termocuplas) se utilizara el cable de compensación adecuado para cada tipo (J y K).

5.6. EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN.

Para el dimensionamiento se recopila información necesaria como diagramas eléctricos de control y fuerza (véanse **Figuras 5.1, 5.2 y 5.3**), información sobre elementos actuales y nuevos de instrumentación y se establece las entradas y salidas para en nuevo sistema.

5.6.1. ENTRADAS Y SALIDAS DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL.

Para el conteo de las entradas y salidas se considera las actuales, tanto del sistema de quemadores como del sistema de soplado utilizando las idóneas y se considera los nuevos requerimientos del sistema.

5.6.1.1. ENTRADAS DIGITALES

Para el enlistado de las entradas digitales, se considera que se tiene el PLC S7-200 para el control del sistema de soplado, dicho PLC es de 24 entradas digitales que de no utilizarse se reservaran para proyectos futuros, dicho listado se muestra en la **Tabla 5.5**.

		ENT	RADAS DIGITALES	
N°	Equipo	Descripción	Elemento	Observación
1	S7-300	Stop General	Hongo de paro	Paro general del sistema
1	S7-300	Modo HMI	Selector	Selección en caso de
1	S7-300	Modo Emergencia	Selector	daño de HMI
1	S7-300	On Blower	Pulsante	
1	S7-300	On Bomba diésel	Pulsante	Pulsantes para modo
1	S7-300	Bomba 1	Selector	Emergencia
1	S7-300	Bomba 2	Selector	
1	S7-300	Switch de aire	Switch de presión	Verificación de Presión
1	S7-300	Switch de gas	Switch de presión	Verificación de Presión
1	S7-300	Apertura Damper	Switch de posición	Posicionamiento para paso de
1	S7-300	Cierre Damper	Switch de posición	Aire
1	S7-300	On Quemador 1	Pulsante	Pulsantes para modo

1	S7-300	On Quemador 2	Pulsante	Emergencia	
1	S7-300	On Quemador 3	Pulsante		
1	S7-300	On Quemador 4	Pulsante		
1	S7-300	Solenoide Gas Q1	Controlador Honeywell	Salidas de controlador para	
1	S7-300	Transf. Ignición Q1	Controlador Honeywell	monitoreo desde PLC	
1	S7-300	Solenoide Diésel Q1	Controlador Honeywell	monitored desde i Le	
1	S7-300	Solenoide Gas Q2	Controlador Honeywell		
1	S7-300	Transf. Ignición Q2	Controlador Honeywell		
1	S7-300	Solenoide Diésel Q2	Controlador Honeywell		
1	S7-300	Solenoide Gas Q3	Controlador Honeywell	Salidas de controlador para	
1	S7-300	Transf. Ignición Q3	Controlador Honeywell	monitoreo desde PLC	
1	S7-300	Solenoide Diésel Q3	Controlador Honeywell	monitored desde i Le	
1	S7-300	Solenoide Gas Q4	Controlador Honeywell		
1	S7-300	Transf. Ignición Q4	Controlador Honeywell		
1	S7-300	Solenoide Diésel Q4	Controlador Honeywell		
1	ET-200	Paro Cabina	Hongo de paro		
1	ET-200	Paro Sistema	Hongo de paro		
1	ET-200	Marcha Roseta	Pulsante	Controles de cabina de pescador	
1	ET-200	Avance Roseta	Selector		
1	ET-200	Reversa Roseta	Selector		
1	ET-200	Banderola	Switch de posición	Accionamiento de transportador	
1	ET-200	Paro Transportador	Sensor inductivo	Detiene transportador	
1	ET-200	Cilindro Open	Sensor Magnético	Posición de cilindro de soplado	
1	ET-200	Cilindro Close	Sensor Magnético	Posición de cilindro de soplado	
1	ET-200	Transportador	Pulsante	Accionamiento de transportador	
1	S7-200	Run	Pulsante	Modo emergencia	
	l .	i e e e e e e e e e e e e e e e e e e e			

Tabla 5.5 Entradas Digitales **Fuente:** Autores

Según listado de la **Tabla 5.5** tenemos el total de entradas para adquisición de los equipos, los totales se muestran en la **Tabla 5.6**.

TOTAL DE ENTRADAS DIGITALES		
S7-300	27 entradas	
ET-200	10 entradas	
S7-200	1 entrada (equipo actual)	

Tabla 5.6 Total de Entradas Digitales **Fuente:** Autores

5.6.1.2. SALIDAS DIGITALES

Para enlistar las salidas digitales (**Tabla 5.7**) consideramos las cercanías de los actuadores a la ET-200 que se colocara en el sistema, es decir serán direccionadas a este elemento para evitar el uso de cableado.

	SALIDAS DIGITALES					
N°	Equipo	Descripción	Elemento			
1	S7-300	Blower	Contactor motor			
1	S7-300	Bomba diésel 1	Contactor motor			
1	S7-300	Bomba diésel 2	Contactor motor			
1	S7-300	Diésel Ok	Luces piloto			
1	S7-300	Gas Ok	Luces piloto			
1	S7-300	Marcha Quemador 1	Controlador Honeywell			
1	S7-300	Marcha Quemador 2	Controlador Honeywell			
1	S7-300	Marcha Quemador 3	Controlador Honeywell			
1	S7-300	Marcha Quemador 4	Controlador Honeywell			
1	S7-300	Apertura Damper	Contactos de Modutrol			
1	S7-300	Cierre Damper	Contactos de Modutrol			
1	S7-300	Solenoide diésel Principal	Relé cierre válvula			
1	S7-300	Solenoide Gas Principal	Relé cierre válvula			
1	ET-200	Solenoide Gas Q1	Relé cierre válvula			
1	ET-200	Transf. Ignición Q1	Relé enciende transformador			
1	ET-200	Solenoide Diésel Q1	Relé cierre válvula			
1	ET-200	Solenoide Gas Q2	Relé cierre válvula			
1	ET-200	Transf. Ignición Q2	Relé enciende transformador			
1	ET-200	Solenoide Diésel Q2	Relé cierre válvula			
1	ET-200	Solenoide Gas Q3	Relé cierre válvula			
1	ET-200	Transf. Ignición Q3	Relé enciende transformador			
1	ET-200	Solenoide Diésel Q3	Relé cierre válvula			
1	ET-200	Solenoide Gas Q4	Relé cierre válvula			
1	ET-200	Transf. Ignición Q4	Relé enciende transformador			
1	ET-200	Solenoide Diésel Q4	Relé cierre válvula			
1	ET-200	Electroválvula Soplado	Relé cierre válvula			
1	ET-200	Solenoide Vapor	Relé cierre válvula			
1	S7-200	Freno Transportador	Contactor de freno			

Tabla 5.7 Salidas Digitales **Fuente:** Autores

Según listado se muestra en la **Tabla 5.8** el total de salidas que se consideraran para adquirir los equipos.

TOTAL DE SALIDAS DIGITALES		
S7-300	13 salidas	
ET-200	14 salidas	
S7-200	1 salida (equipo actual)	

Tabla 5.8 Total de Salidas Digitales **Fuente:** Autores

5.6.1.3. ENTRADAS ANÁLOGAS

En la **Tabla 5.9** se muestra el requerimiento de entradas analógicas para en nuevo sistema propuesto.

	ENTRADAS ANALÓGICAS					
N°	Equipo	Descripción	Elemento	Grupo		
1	S7-300	Temperatura zinc	Termocupla tipo J (1)	Grupo 1		
1	S7-300	Temperatura zinc	Termocupla tipo J (2)	Grapo r		
1	S7-300	Temperatura gases horno	Termocupla tipo K	Grupo 2		
1	S7-300	Posición de Damper	Resistencia	Grupo 3		
1	S7-300	Presión de Diésel	Transductor de presión (4-20 mA)	Grupo 4		

Tabla 5.9 Entradas Analógicas **Fuente:** Autores

5.6.1.4. SALIDAS ANÁLOGAS

En la **Tabla 5.10** se muestra el requerimiento de salidas analógicas para en nuevo sistema propuesto.

Ī			SALIDAS	ANALÓGICAS	
	N°	Equipo	Descripción	Elemento	Grupo
	2	S7-300	Regulación Diésel	Modutrol (4-20 mA)	Grupo 1

Tabla 5.10 Salidas Analógicas **Fuente:** Autores

5.6.2. SELECCIÓN DE MÓDULOS

Por razones de estandarización en planta se selecciona el PLC de marca Siemens de

la familia S7-300, adicionalmente sus especificaciones satisfacen las necesidades del actual proyecto. A continuación se enumera los elementos necesarios para la automatización del sistema.

1 FUENTE S7-300 PS 307; 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0
1 BASTIDOR DE MONTAJE S7-300	6ES7 390-1AE80-0AA0
1 CPU 313C-2 DP	6ES7 313-6CF03-0AB0
1 MÓDULO 16 X 24 V ENTRADAS DIGITALES	6ES7 322-1BH01-0AA0
1 MÓDULO 8 X 12 BITS ENTRADAS ANÁLOGAS	6ES7 331-7KF02-0AB0
1 MÓDULO 4 X 12 BIT SALIDAS ANÁLOGAS	6ES7 332-5HD01-0AB0
1 CONECTOR FRONTAL DE 40 POLOS	6ES7 392-1-AM00-0AA0
3 CONECTOR FRONTAL DE 20 POLOS	6ES7 392-1-AJ00-0AA0
1 ET 200S IM151-1 ESTÁNDAR	6ES7 151-1AA05-0AB0
1 MÓDULO DE POTENCIA PM-E DC2448V	6ES7138-4CB11-0AB0
4 MÓDULOS DIGITAL 4DI; DC24V HF	6ES7 131-4BD01-0AA0
5 MÓDULOS DIGITALES 4 DO; DC24V/2A ST	6ES7 132-4BD32-0AA0
1 PANEL TÁCTIL TP177B	6AV6642-0AA11-0AX1

Adicional a los módulos para sistema de quemadores se requerirá los siguientes elementos para establecer comunicación con el actual sistema de soplado:

1 MÓDULO EM-277

4 SINAMICS G120; 2,20KW 5,90A CLASE CEM

6SL3224-0BE22-2UA0

En la **Figura 5.17** se muestra el conjunto de módulos adquiridos.



Figura 5.17 Módulos adquiridos Fuente: Autores

La descripción de cada uno de estos elementos y sus características técnicas se

encuentran en el Anexo 5 (Características de Equipos para Automatización).

5.7. PLANOS.

Para poder interpretar fácilmente el funcionamiento de un equipo en una instalación

eléctrica, cualquiera que sea su grado de complejidad puede ser representado en una

forma abreviada mediante un esquema eléctrico. Los esquemas eléctricos son

normalizados lo que hace que cualquier usuario pueda interpretar cualquier gráfico,

símbolos o componente siendo vital para la comprensión de una instalación o parte

de ella.

El esquema del equipo con sus principales componentes integrados, permitirá

fácilmente ubicar e interpretar las señales y actuadores que intervienen en su

funcionamiento.

Para el presente proyecto se elaboran los planos necesarios, dividiéndolos en tres

grupos:

Grupo 1: Planos de control y fuerza del sistema de soplado

Grupo 2: Planos de control y fuerza del sistema de quemadores

Grupo 3: Planos de control y fuerza de la ET-200

5.7.1. GRUPO 1: PLANOS DE CONTROL Y FUERZA DEL SISTEMA DE

SOPLADO

En base a la lista de elementos seleccionados de control de la Tabla 5.2, los

elementos seleccionados de accionamiento de la Tabla 5.3, y la selección de los

módulos para la automatización se proceden a elaborar los siguientes planos.

También se considera para la elaboración de los planos el enlistado de: las entradas

79

digitales (**Tabla 5.6**), salidas digitales (**Tabla 5.8**), entradas análogas (**Tabla 5.9**) y salidas análogas (**Tabla 5.10**).

Plano 1.1; Ubicación de elementos del panel de soplado.

Se diseña aquí la ubicación de cada elemento dentro del panel, la descripción de cada uno, y el marquillado que llevara (elementos y cableado). De manera visual se muestra el montaje concluido en la **Figura 7.5** del Capítulo 7.

Plano 1.2; Diagrama de Control, Alimentaciones y Protecciones

Se diseña la alimentación del panel, y las protecciones para los diferentes elementos que lo conforman. La protección principal con un Breaker y las protecciones de los elementos con interruptores Termomagnéticos.

Plano 1.3; Diagrama de control, Alimentaciones del PLC (S7-200)

Muestra la alimentación y protecciones para el PLC S7-200 y para el módulo de comunicación EM-277, adicional se describe las entradas y salidas del PLC.

Plano 1.4; Diagrama de control, Entradas digitales del PLC

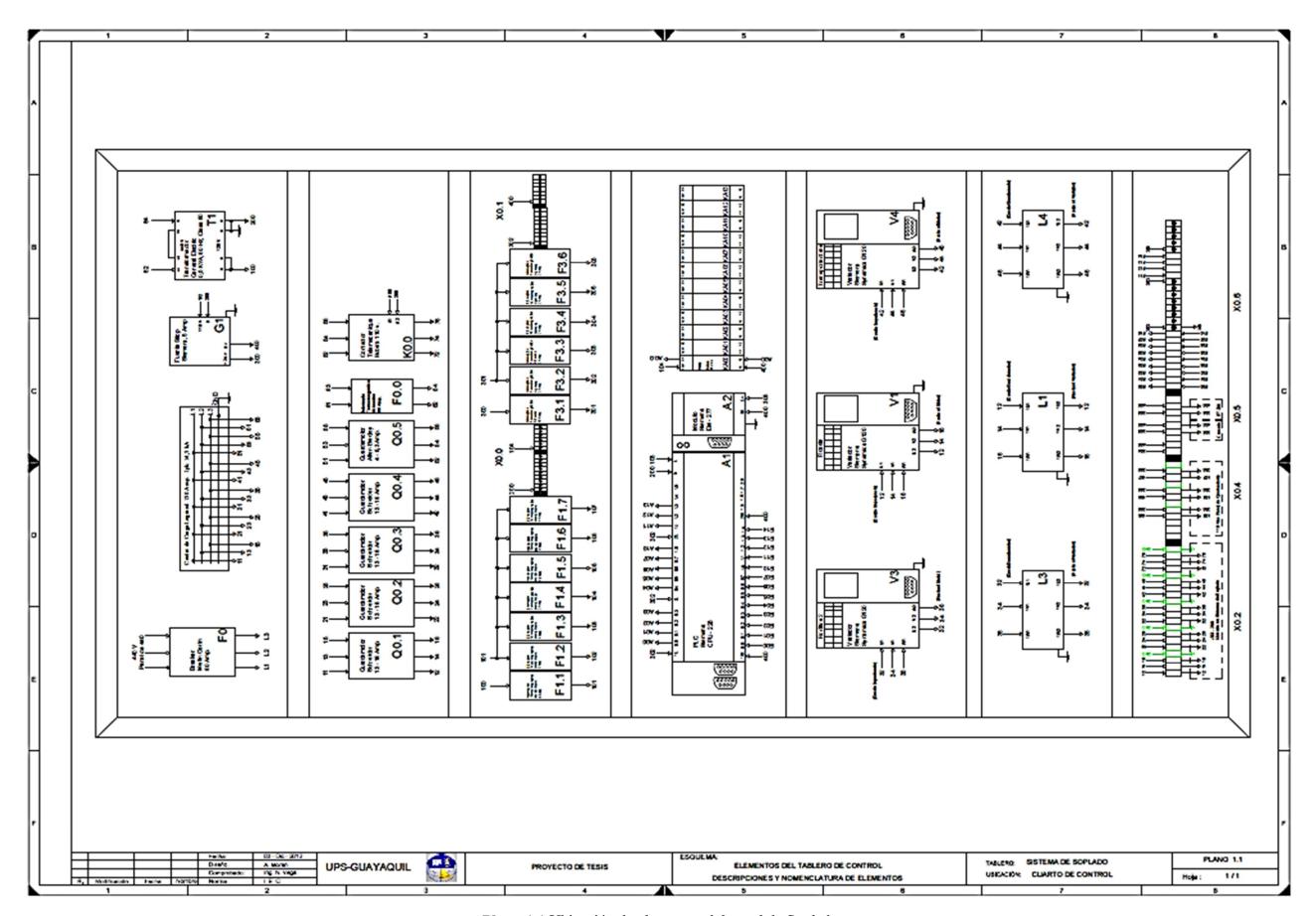
El plano muestra la única entrada física conectada utilizada, esto debido a que las entradas físicas de este sistema están bajo comunicación Profibus desde la ET-200. Las entradas libres están cableadas hasta las borneras pudiendo ser utilizadas cuando el sistema así lo requiera.

Plano 1.5; Diagrama de control, Salidas digitales del PLC

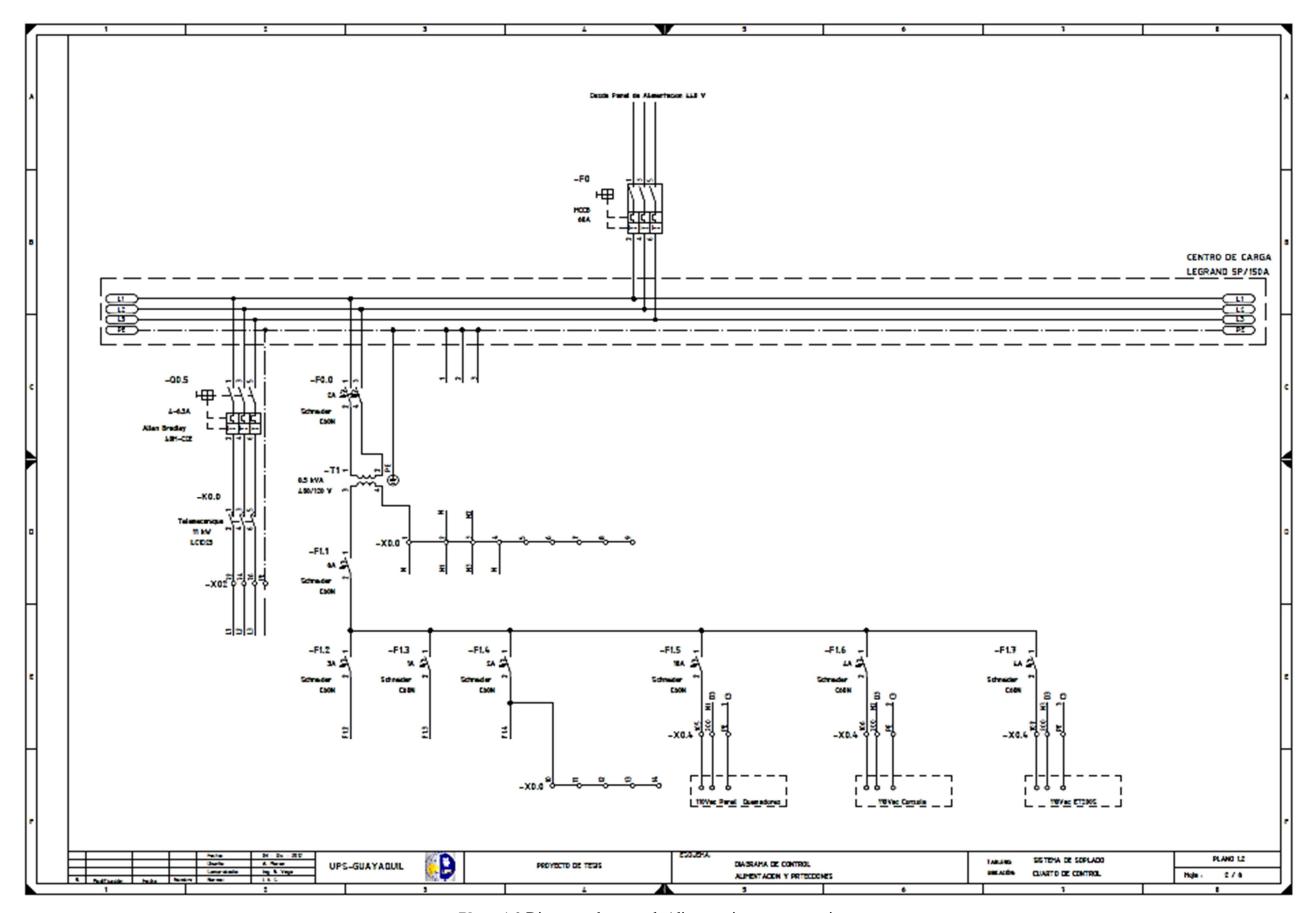
El plano muestra la única salida física utilizada, debido a la utilización de la red Profibus para comunicación. Las salidas libres están cableadas hasta Relays (bobina A1) a espera de ser utilizadas por algún requerimiento nuevo del sistema.

Plano 1.6; Diagrama de Fuerza

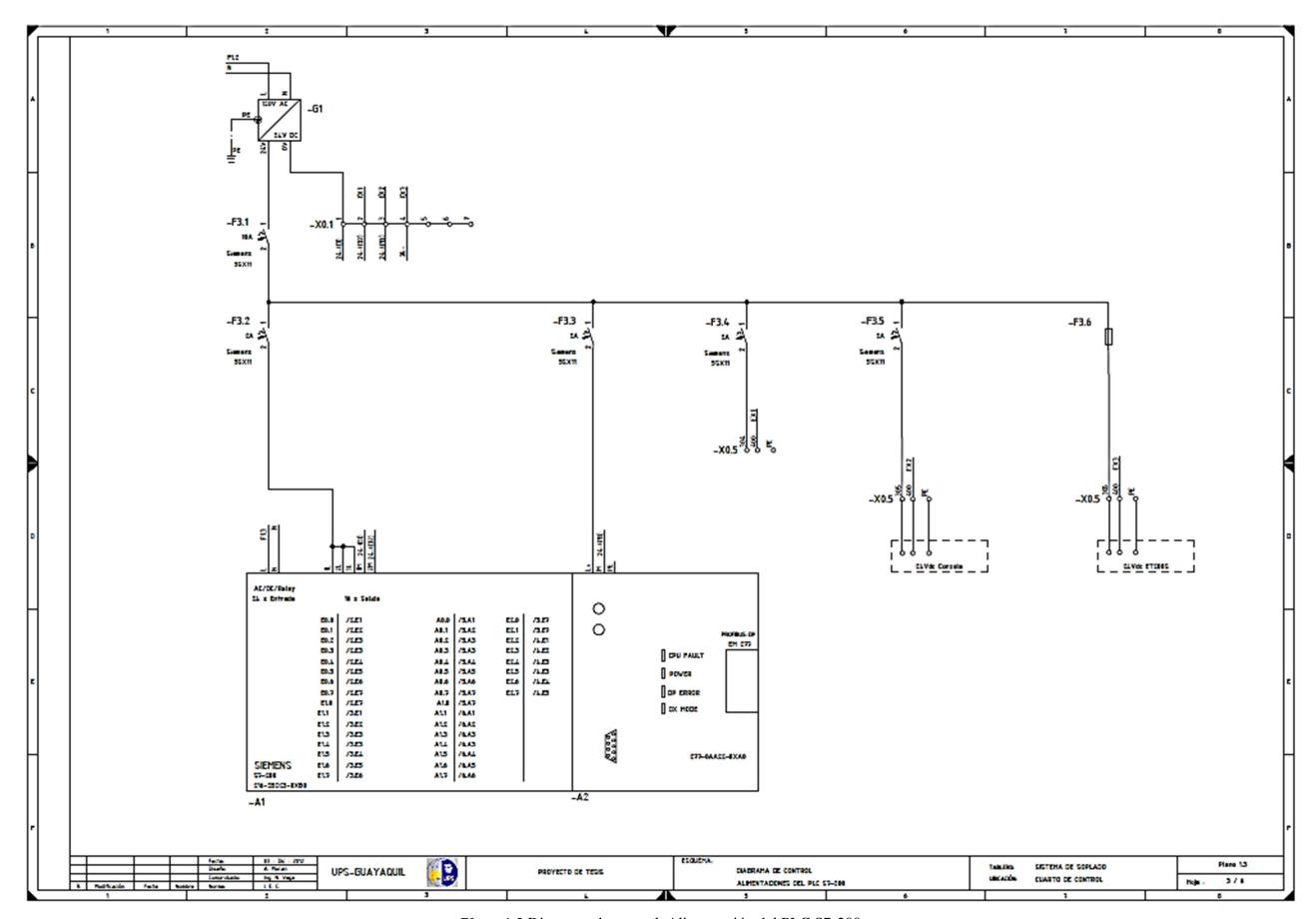
Se muestra el diagrama de accionamiento de los motores de extracción de tubería y las protecciones adecuadas para este control.



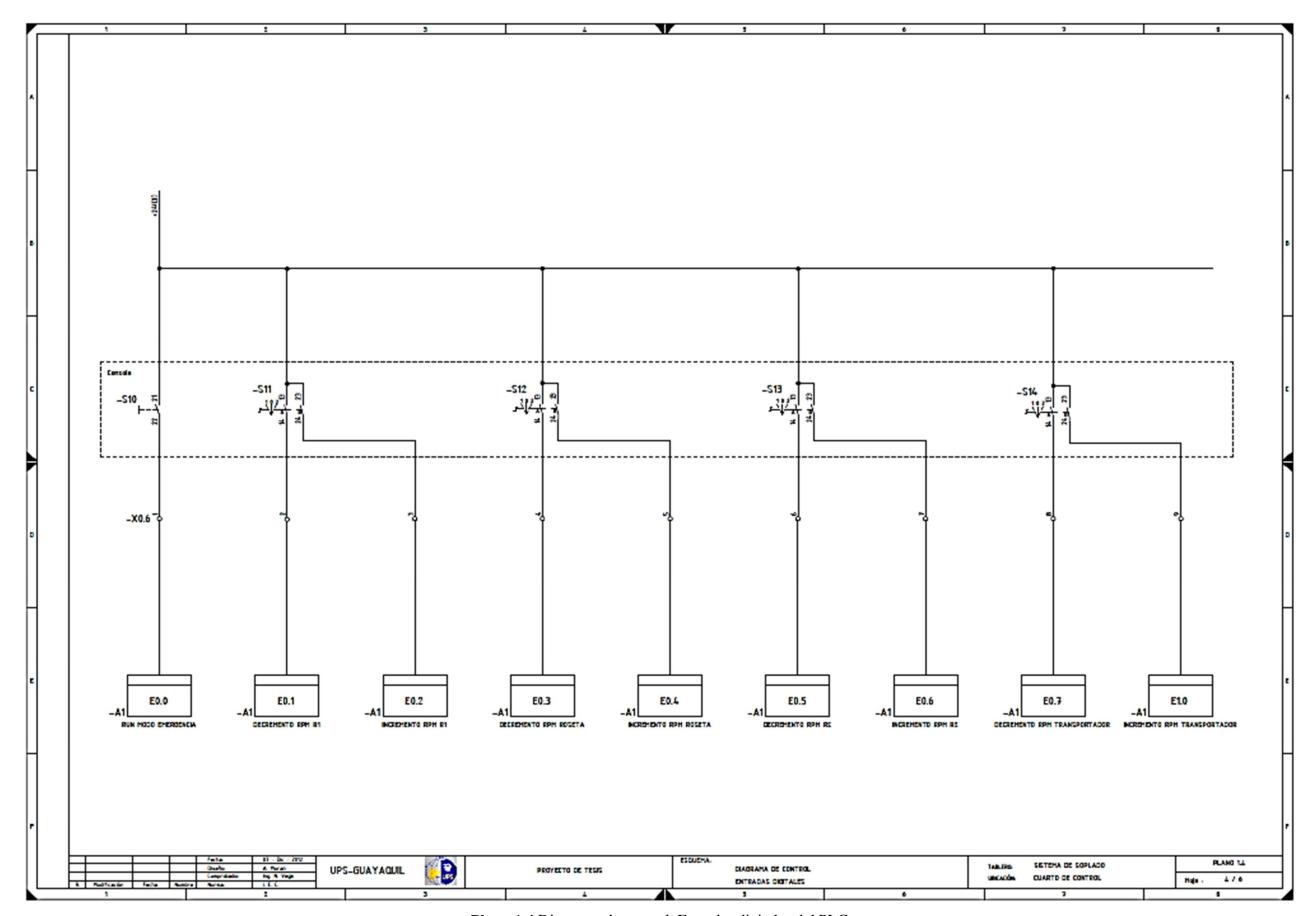
Plano 1.1 Ubicación de elementos del panel de Soplado



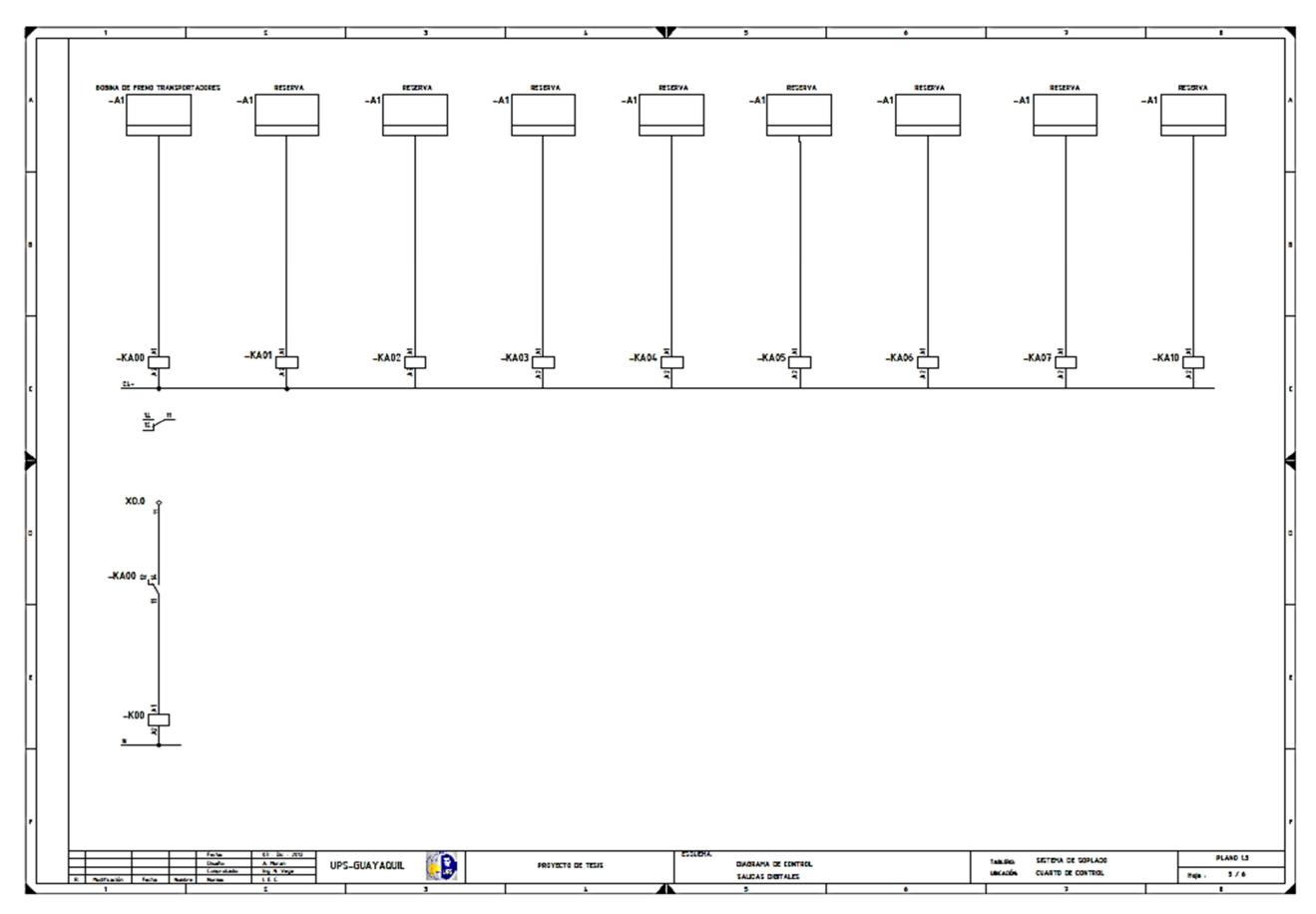
Plano 1.2 Diagrama de control, Alimentaciones y protecciones



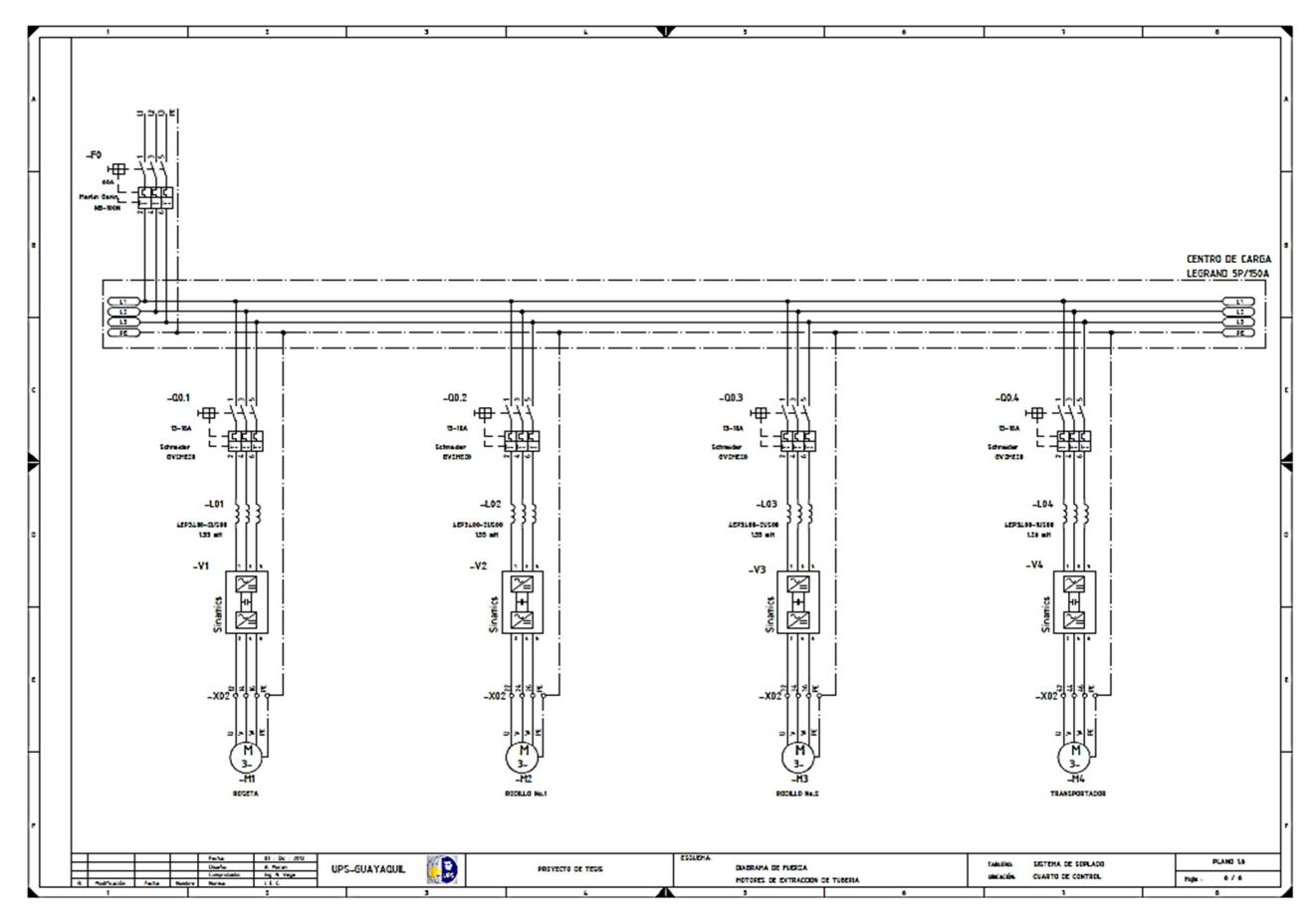
Plano 1.3 Diagrama de control, Alimentación del PLC S7-200



Plano 1.4 Diagrama de control, Entradas digitales del PLC Fuente: Autores



Plano 1.5 Diagrama de control, Salidas digitales del PLC Fuente: Autores



Plano 1.6 Diagrama de Fuerza Fuente: Autores

5.7.2. GRUPO 2: PLANOS DE CONTROL Y FUERZA DEL SISTEMA DE QUEMADORES

En base a la lista de elementos seleccionados de control de la **Tabla 5.2**, los elementos seleccionados de accionamiento de la **Tabla 5.3**, y la selección de los módulos para la automatización se proceden a elaborar los siguientes planos.

También se considera para la elaboración de los planos el enlistado de: las entradas digitales (**Tabla 5.6**), salidas digitales (**Tabla 5.8**), entradas análogas (**Tabla 5.9**) y salidas análogas (**Tabla 5.10**).

Plano 2.1; Ubicación de elementos del panel de soplado.

Se diseña aquí la ubicación de cada elemento dentro del panel, la descripción de cada uno, y el marquillado que llevara (elementos y cableado). De manera visual se muestra el montaje concluido en la **Figura 7.4**.

Plano 2.2; Diagrama de Control, Alimentaciones y Protecciones

Se diseña la alimentación del panel, y las protecciones para los diferentes elementos que lo conforman. La alimentación es a través del panel de soplado, las protecciones de los elementos es con interruptores Termomagnéticos.

Adicional se muestra el conjunto de elementos de automatización (Fuente, PLC y módulos), sus alimentaciones y protecciones.

Plano 2.3; Diagrama de control, Entradas digitales desde consola de mando

Se muestran los elementos de accionamiento (selectores y pulsantes) para las entradas del PLC, pero únicamente las provenientes de la consola de mando. La ubicación de los elementos de accionamiento según su nomenclatura se muestra en el **Plano 4 (consola de mando)**.

Plano 2.4; Diagrama de control, Entradas digitales desde JBX 500

Se muestra el diseño de entrada de los switch de presión de aire y gas, también los switch de posición del dámper del Blower. Estas entradas conectadas desde la JBX 500 (caja de empalmes eléctricos).

Plano 2.5; Diagrama de control, Entradas digitales del Quemadores

Se muestra el diseño de las señales tomadas desde los controladores de llama hacia las entradas del PLC pasando por Relays. El paso por Relays es debido a que las señales de los controladores son de 120 V.

Plano 2.6 y 2.7; Diagramas de control, Salidas digitales 1 y 2

Mediante el diseño se muestra las salidas del PLC hacia los Relays de fuerza, para señales de +24 v como es el caso de las luces pilotos no se utiliza Relays, para este caso se conecta directamente desde la salida hacia las luces.

Plano 2.8; Diagrama de control, Conexiones de controladores de llama

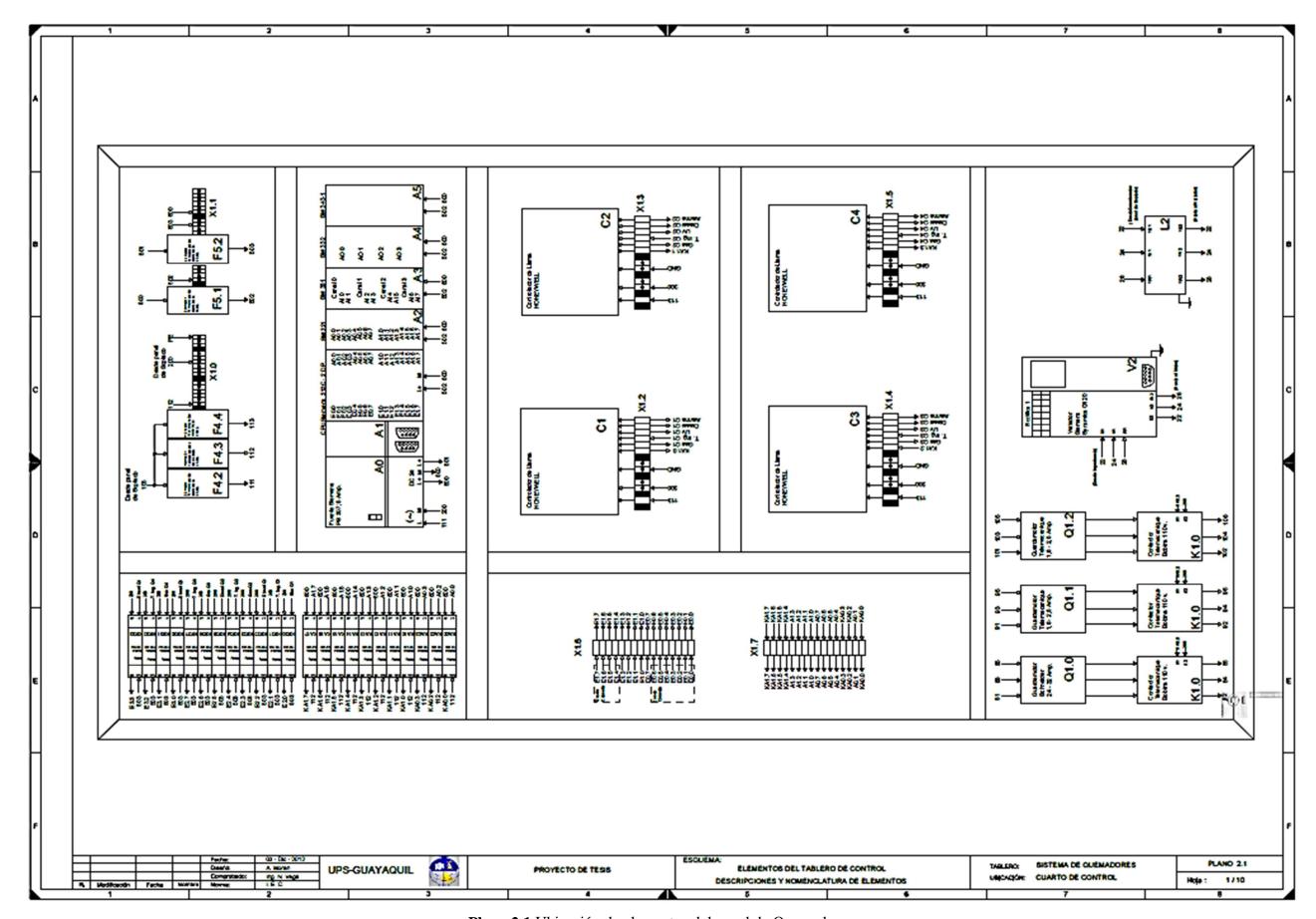
Se muestra las conexiones (entradas y salidas) de los 4 controladores de llama Honeywell.

Plano 2.9; Diagrama de control, Conexiones de controladores de llama

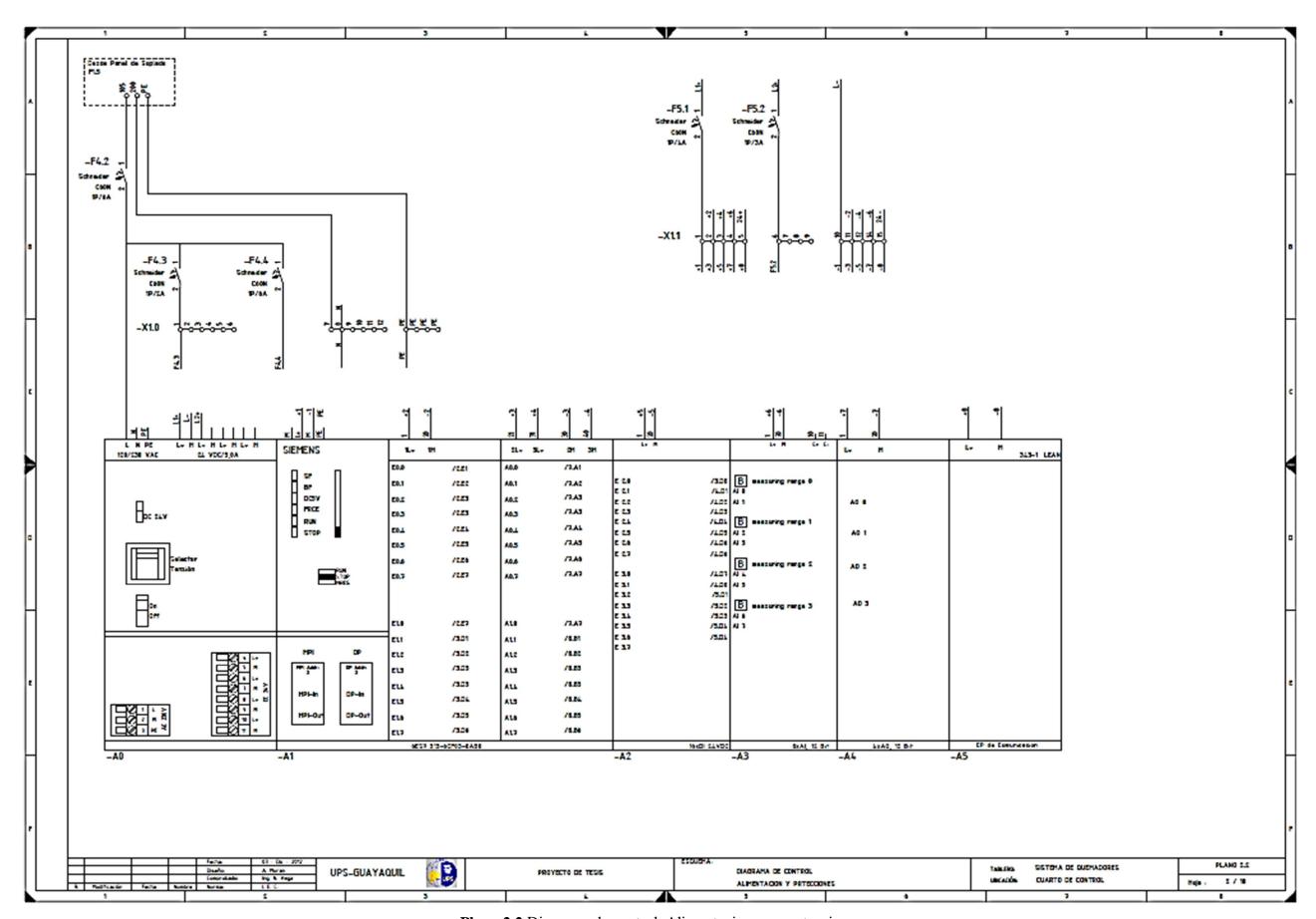
Muestra las salidas de los controladores de llama hacia los Relays de mando.

Plano 2.10; Diagrama de Fuerza

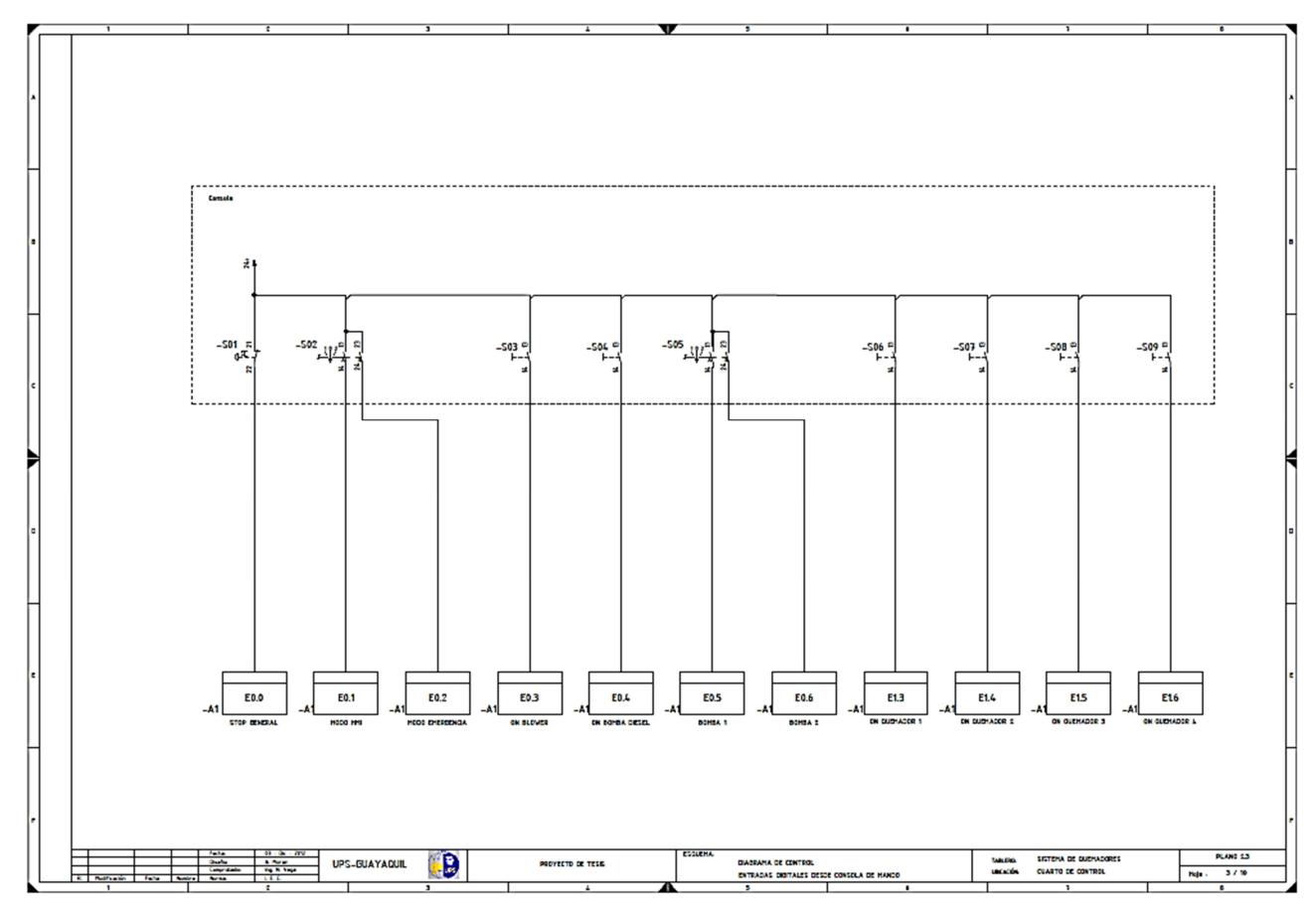
Se muestra el diagrama de accionamiento de los motores utilizados para el bombeo de diésel y el motor del Blower de aire.



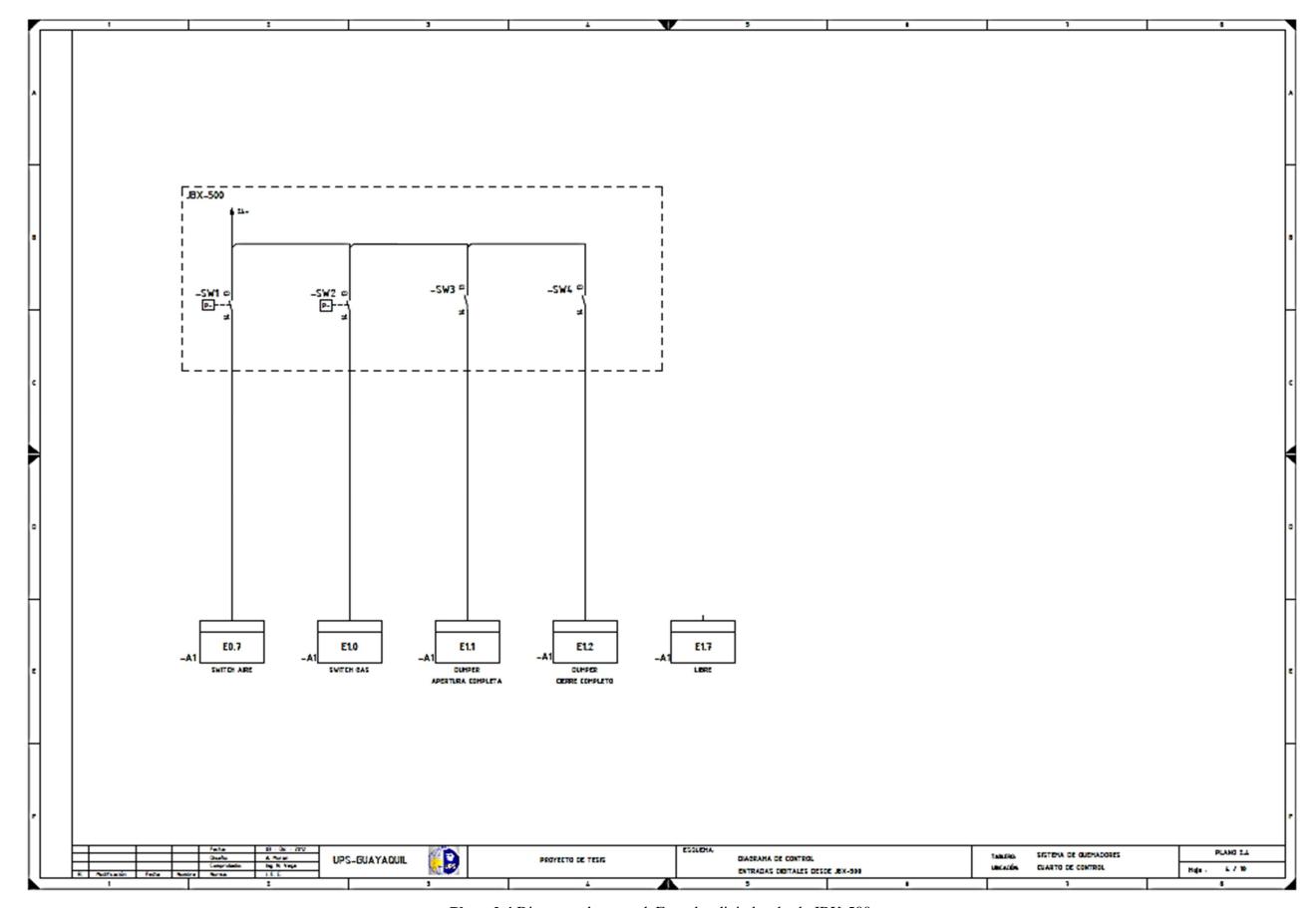
Plano 2.1 Ubicación de elementos del panel de Quemadores



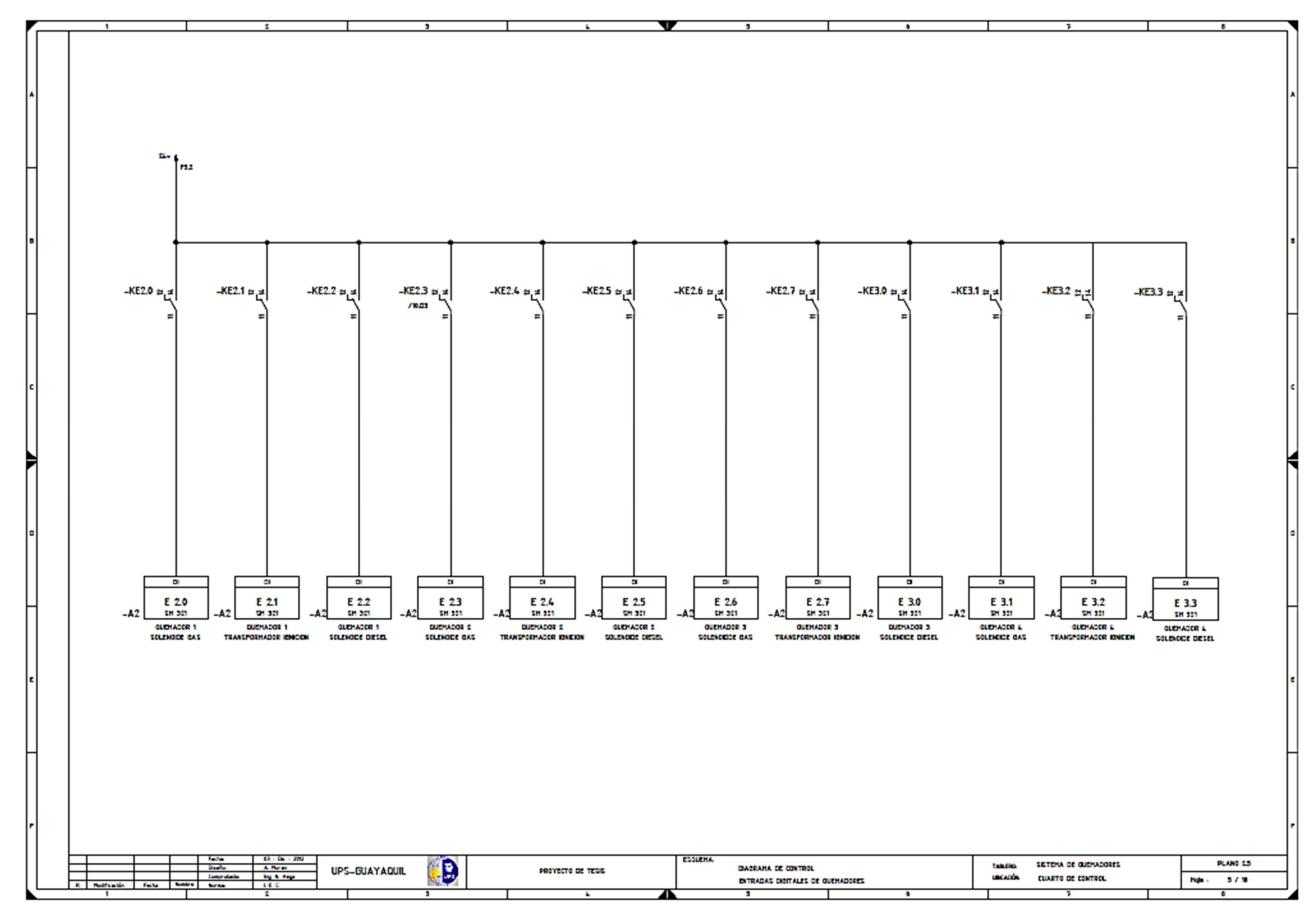
Plano 2.2 Diagrama de control, Alimentaciones y protecciones



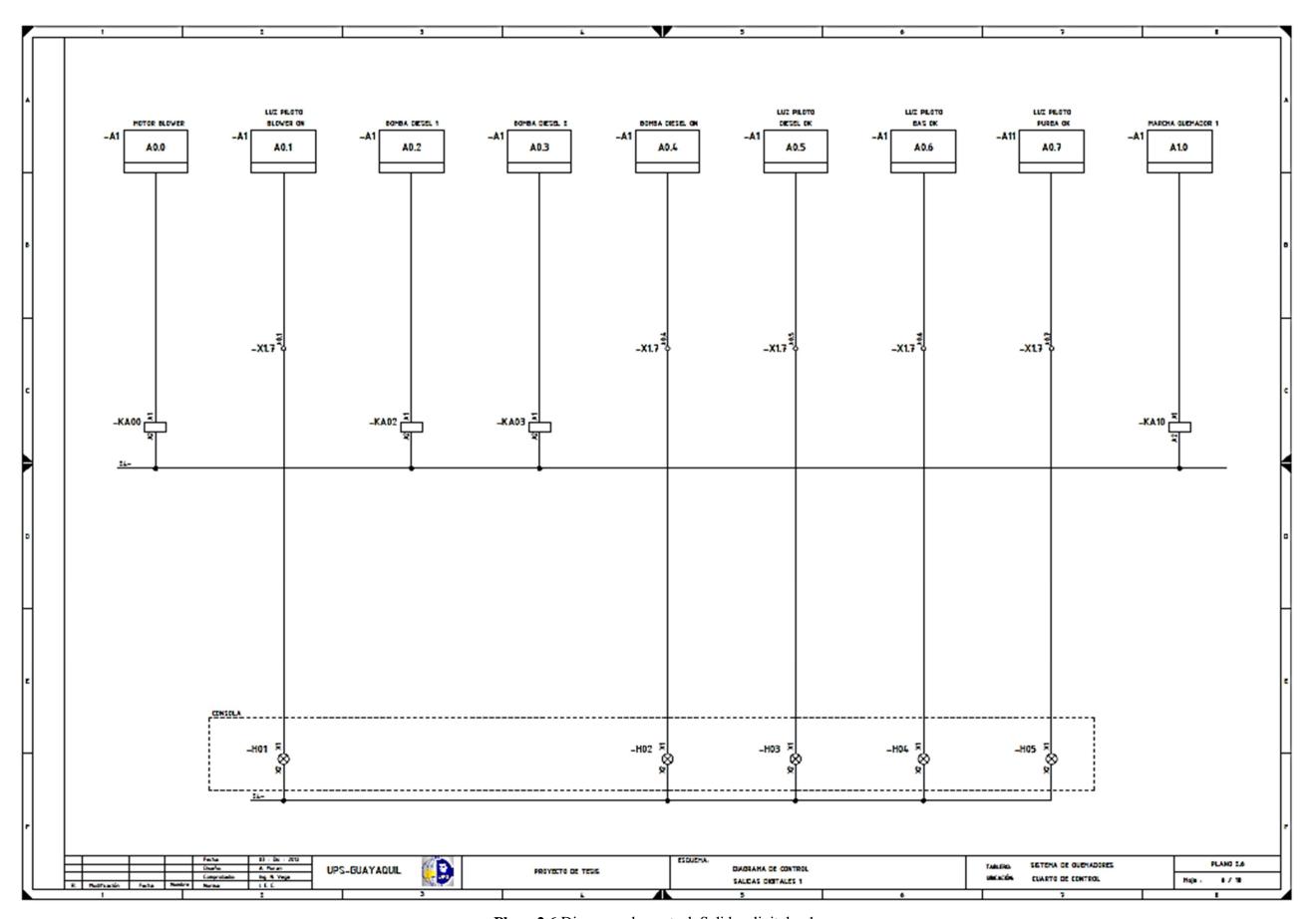
Plano 2.3 Diagrama de control, Entradas digitales desde consola de mando Fuente: Autores



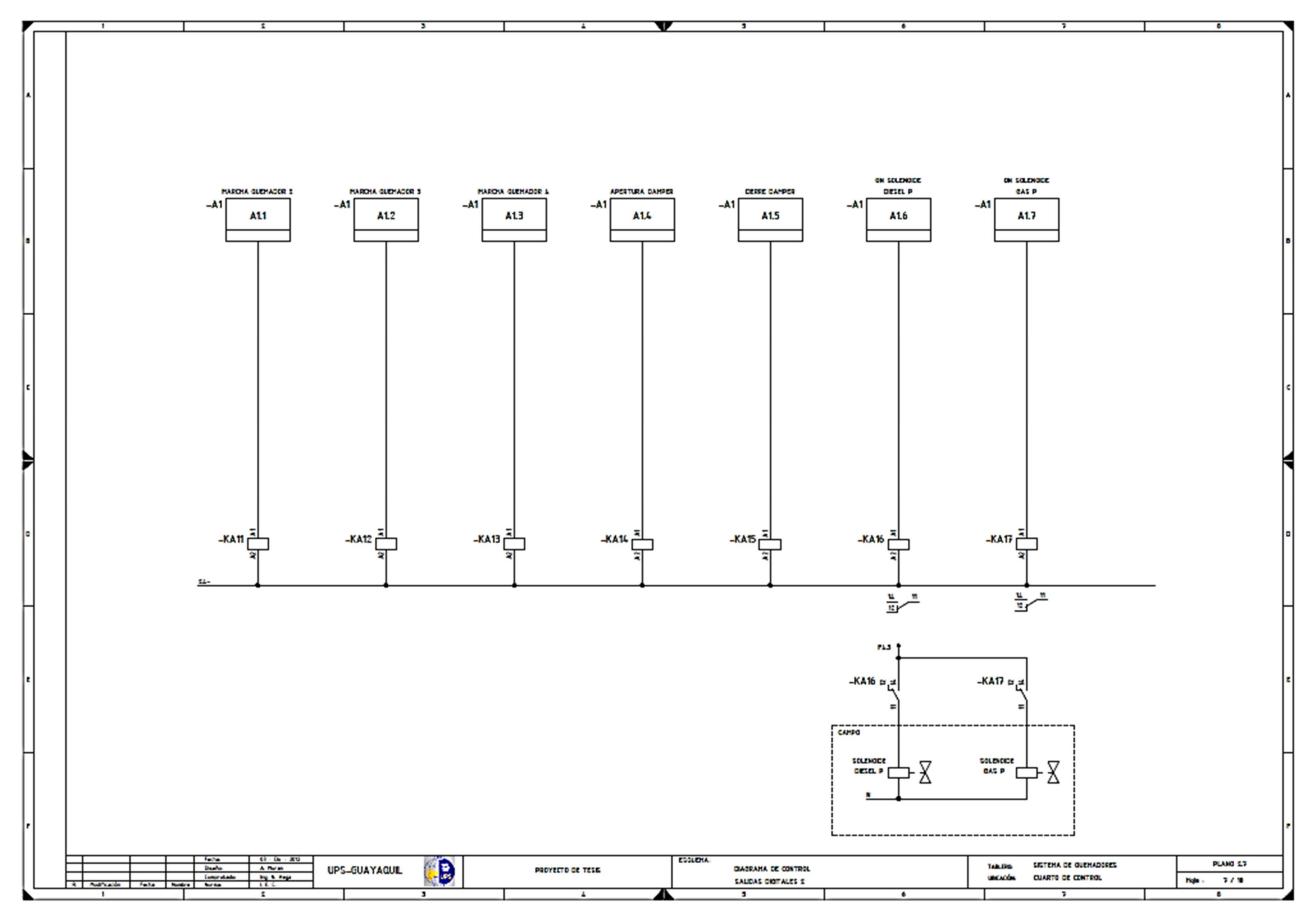
Plano 2.4 Diagrama de control, Entradas digitales desde JBX-500 **Fuente**: Autores



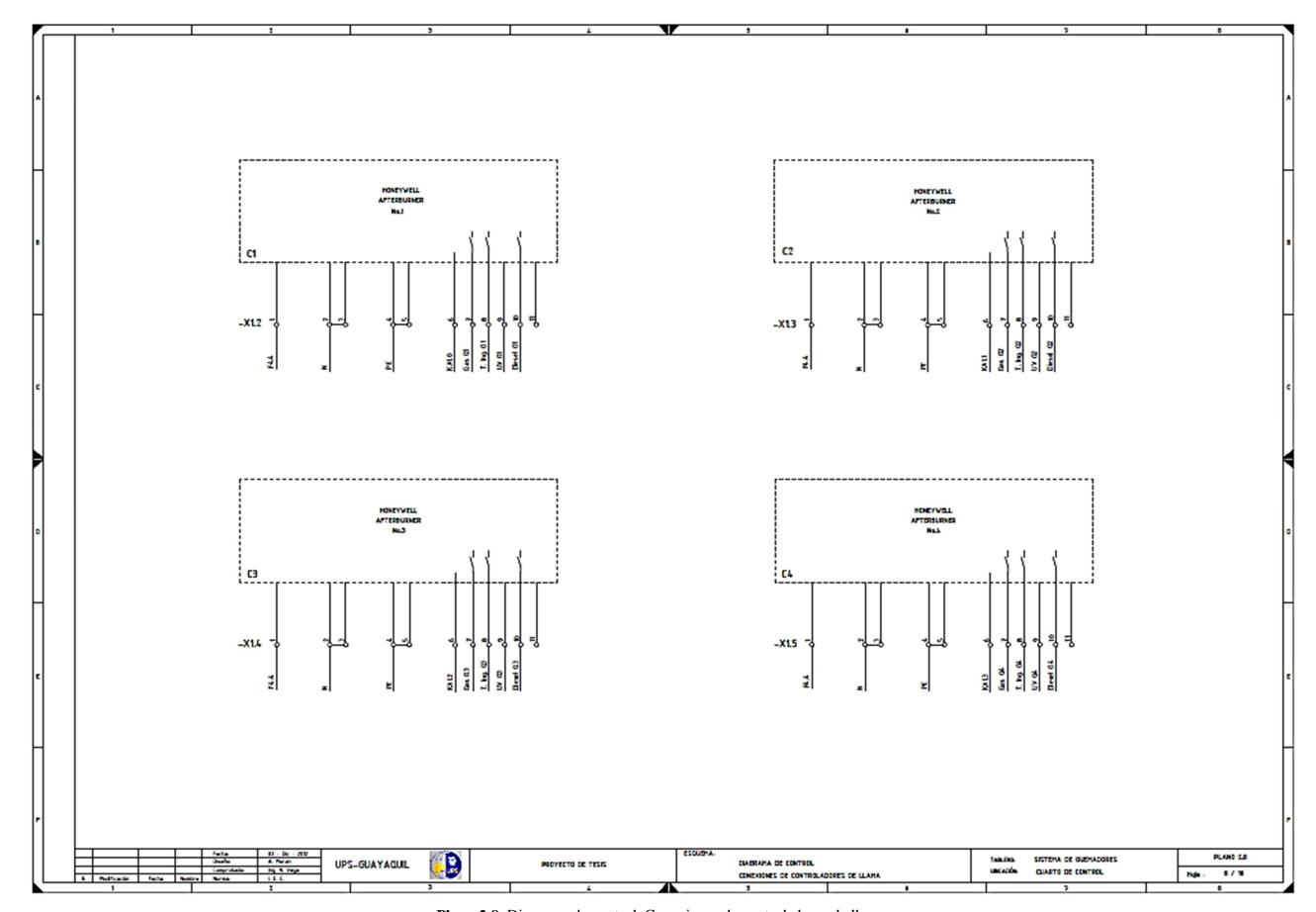
Plano 2.5 Diagrama de control, Entradas digitales de Quemadores



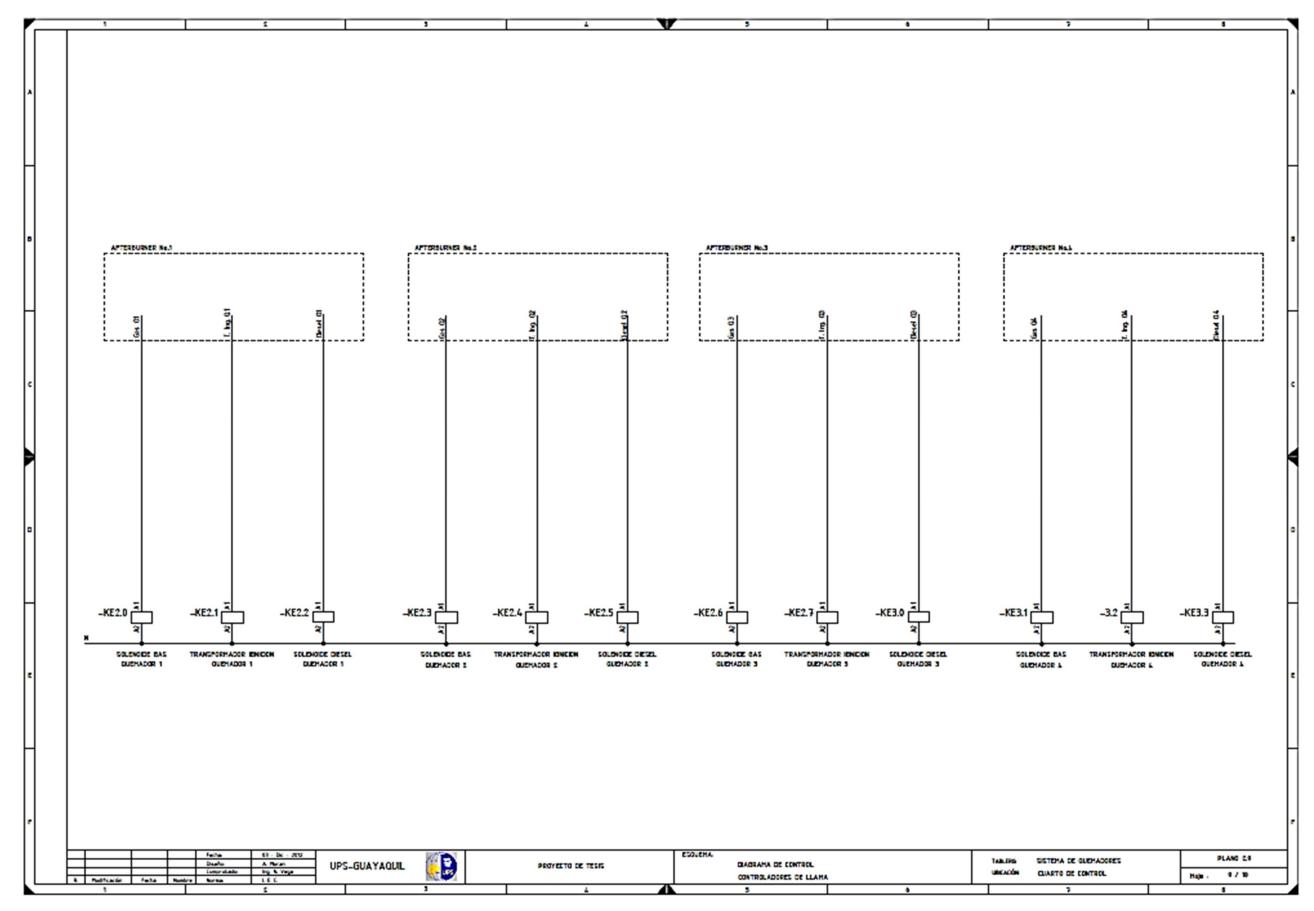
Plano 2.6 Diagrama de control, Salidas digitales 1



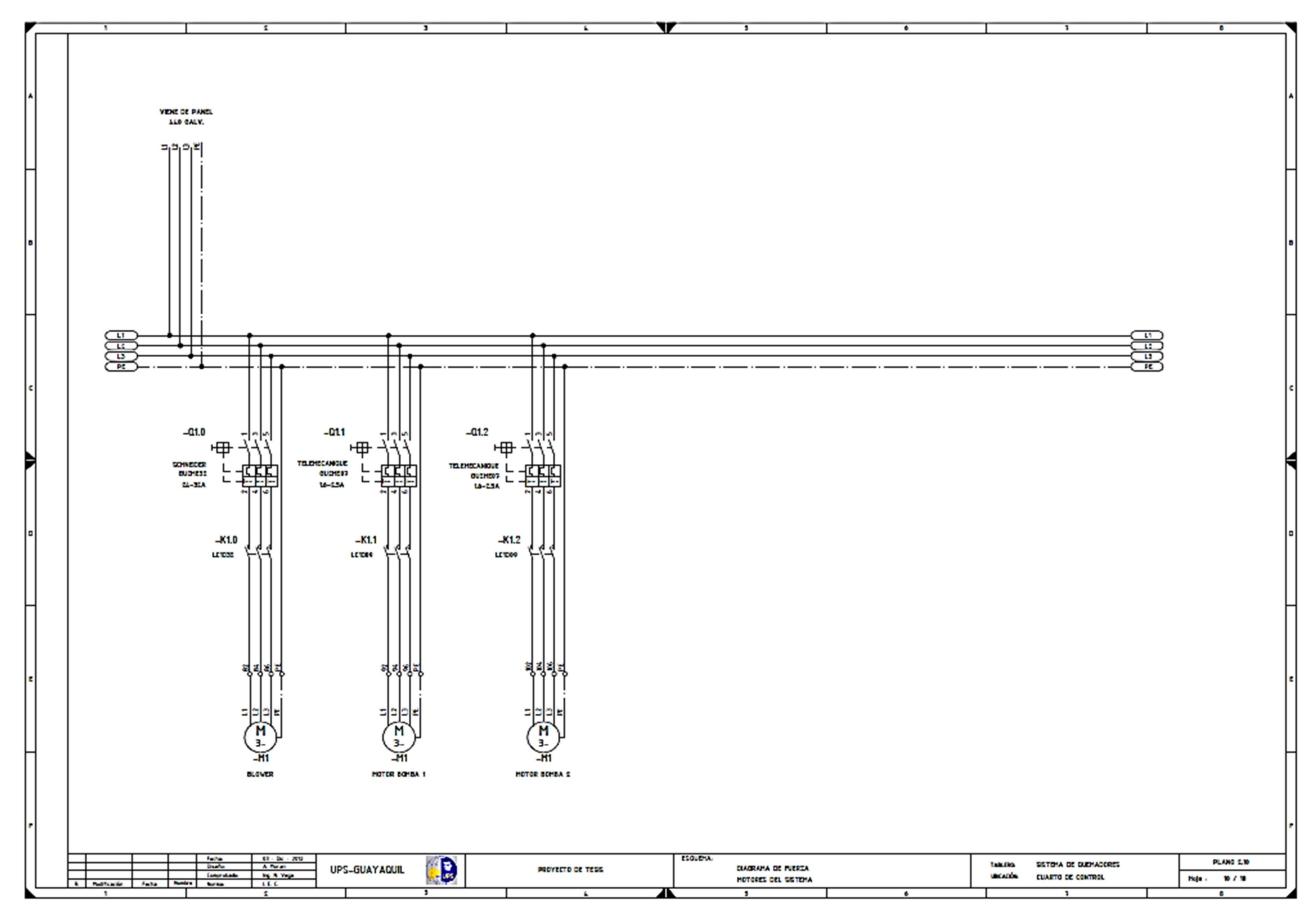
Plano 2.7 Diagrama de control, Salidas digitales 2
Fuente: Autores



Plano 2.8 Diagrama de control, Conexiones de controladores de llama Fuente: Autores



Plano 2.9 Diagrama de control, Controladores de llama **Fuente**: Autores



Plano 2.10 Diagrama de Fuerza Fuente: Autores

5.7.3. GRUPO 3: PLANOS DE CONTROL Y FUERZA DE ET-200

Plano 3.1; Elementos del JBX 200.

Se diseña aquí la ubicación de cada elemento dentro del panel, la descripción de cada uno, y el marquillado que llevará (elementos y cableado). De manera visual se muestra el montaje concluido en la **Figura 6.7**.

Plano 3.2; Diagrama de Control, Alimentaciones y Protecciones

Se diseña la alimentación del panel, y las protecciones para los diferentes elementos que lo conforman. La alimentación es a través del panel de soplado, las protecciones de los elementos es con interruptores Termomagnéticos.

Plano 3.3; Diagrama de control, Entradas digitales

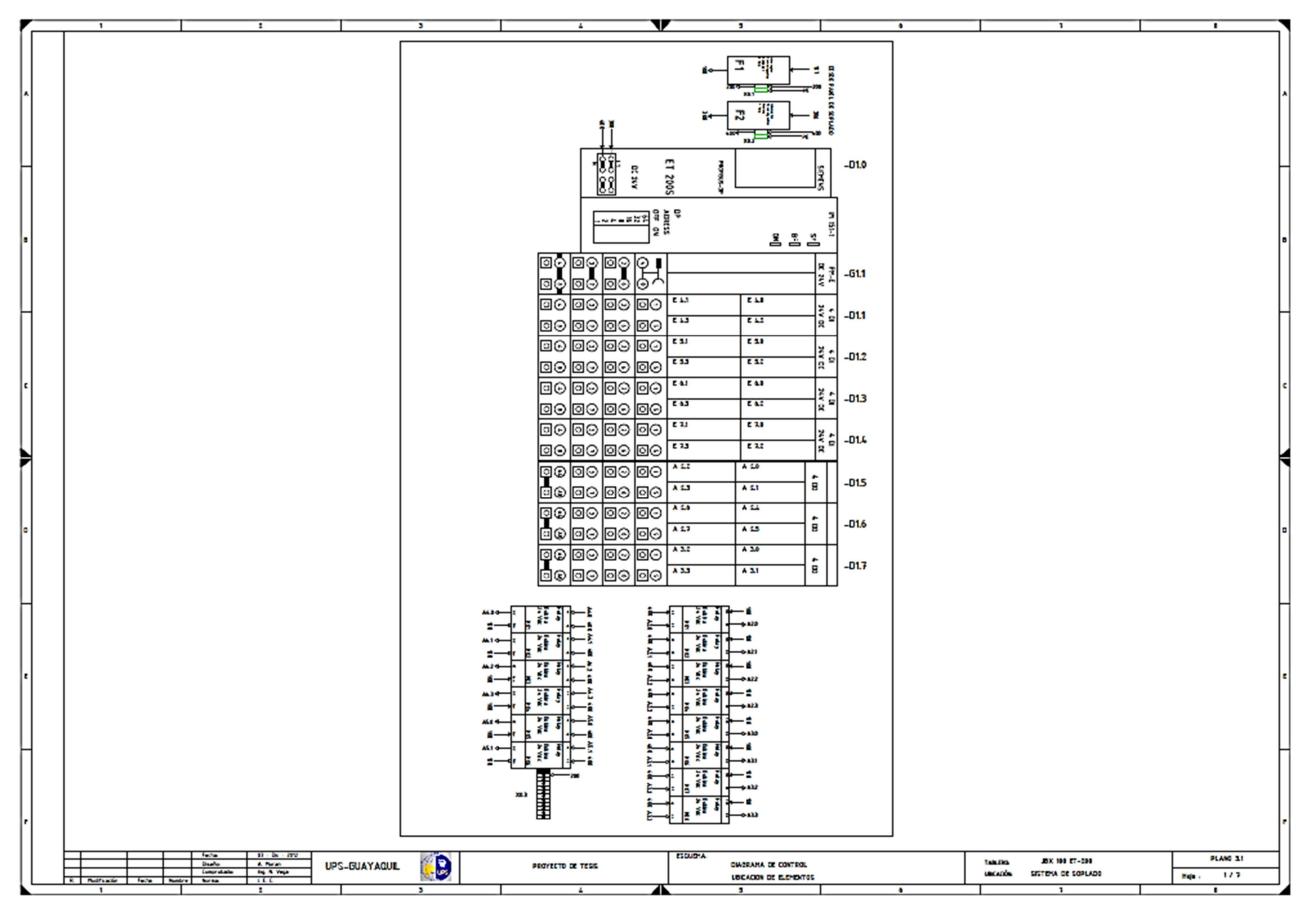
Se Muestra los elementos de accionamiento (selectores, pulsantes, sensores) para las entradas de la ET-200.

Plano 3.4 y 3.5; Diagramas de control, Salidas digitales 1 y 2

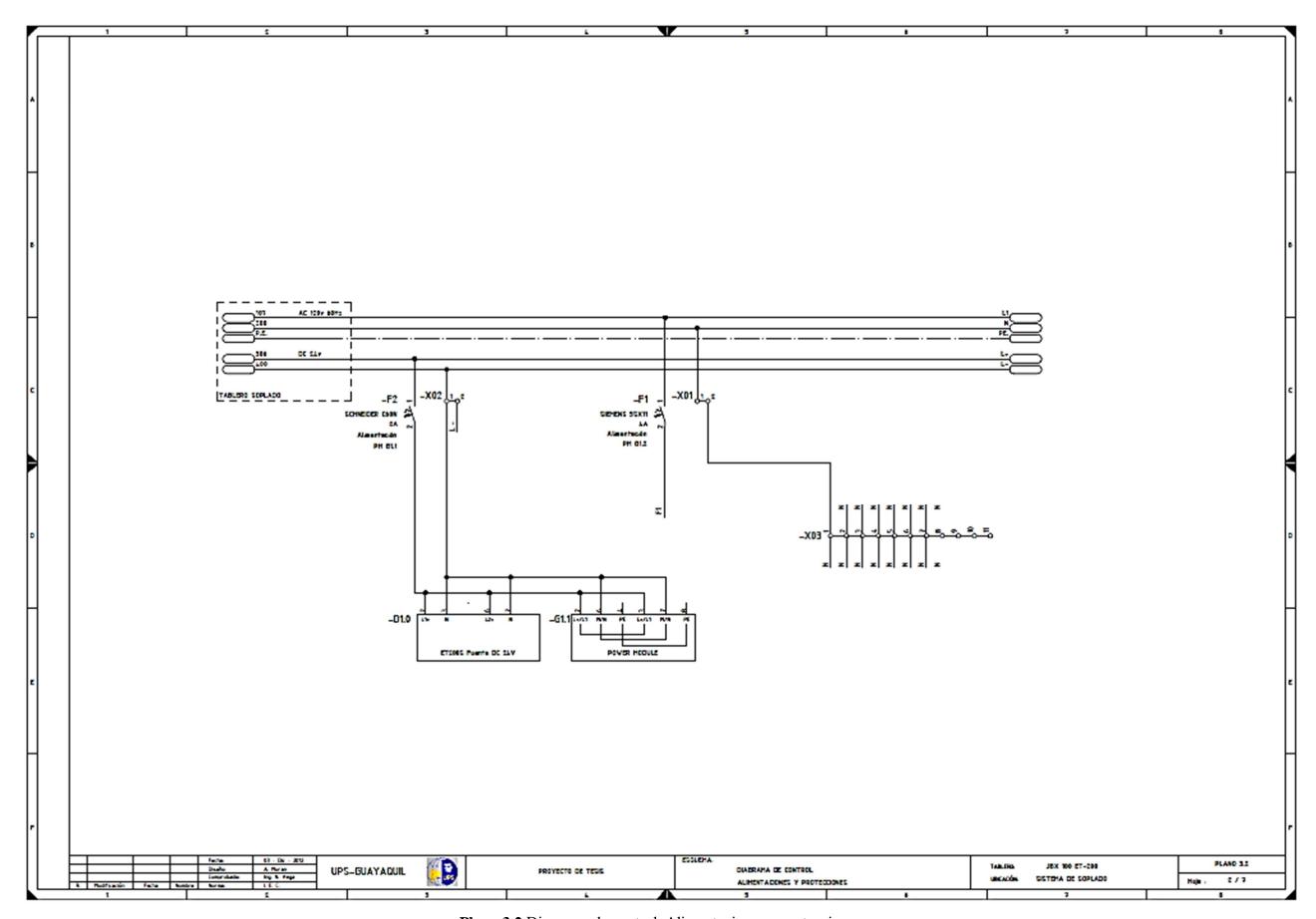
Mediante el diseño se muestra las salidas de la ET-200 hacia los Relays de fuerza.

Plano 3.6 y 3.7; Diagramas de control, Salidas digitales en campo1 y 2

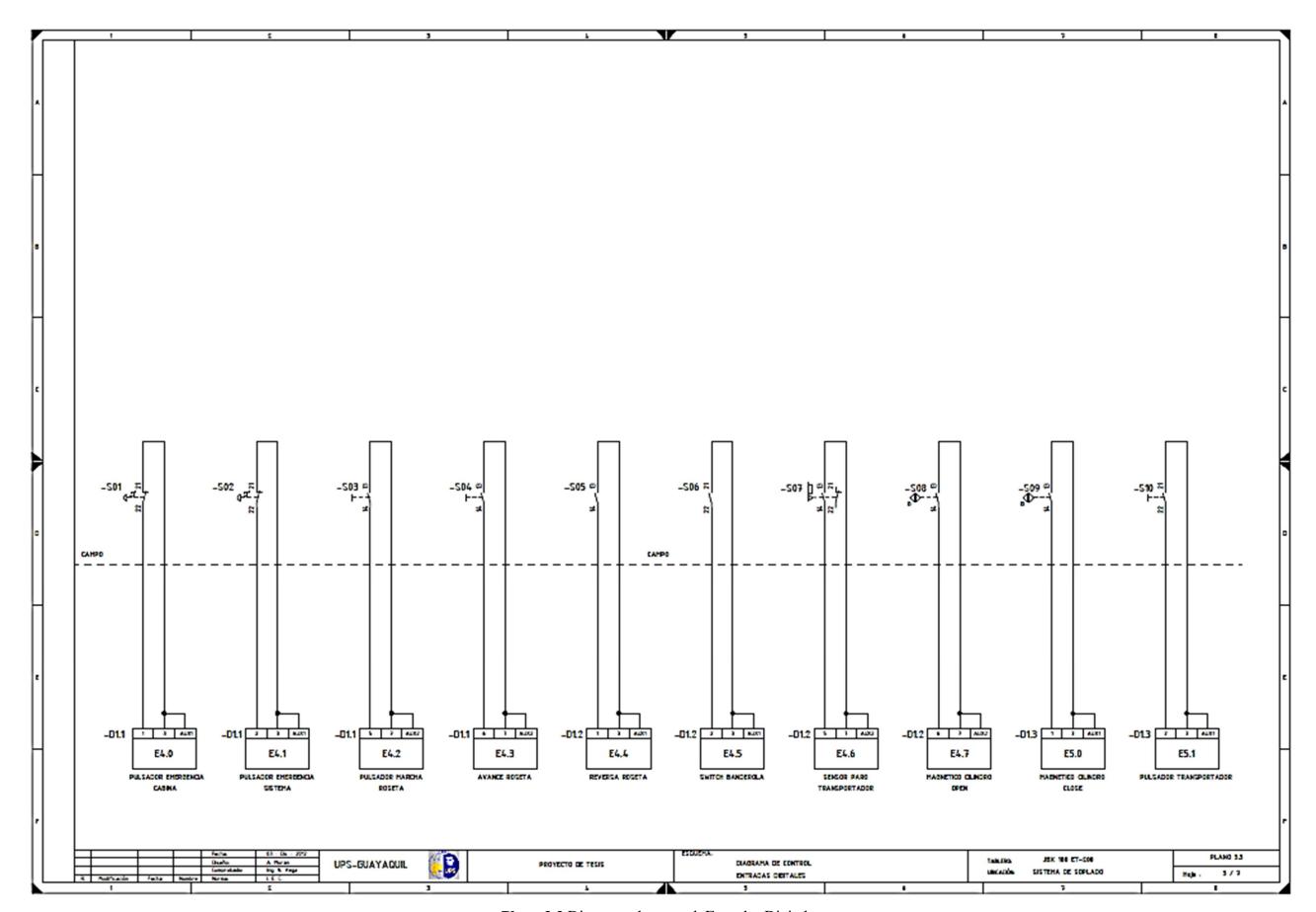
Mediante el diseño se muestra del comando de los actuadores de campo a través de los contactos de los Relays comandados por la salida de la ET-200.



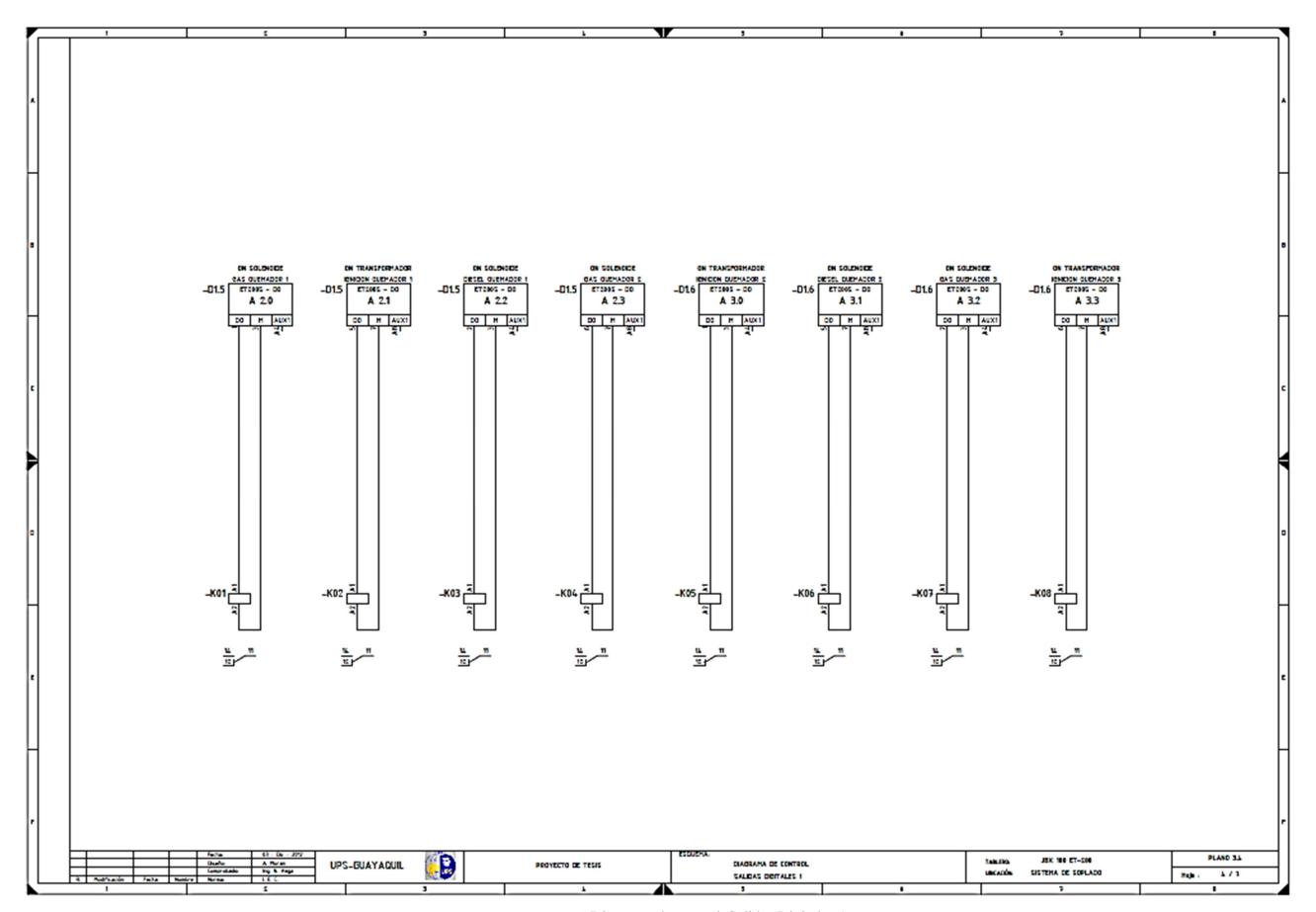
Plano 3.1 Ubicación de elementos JBX-200



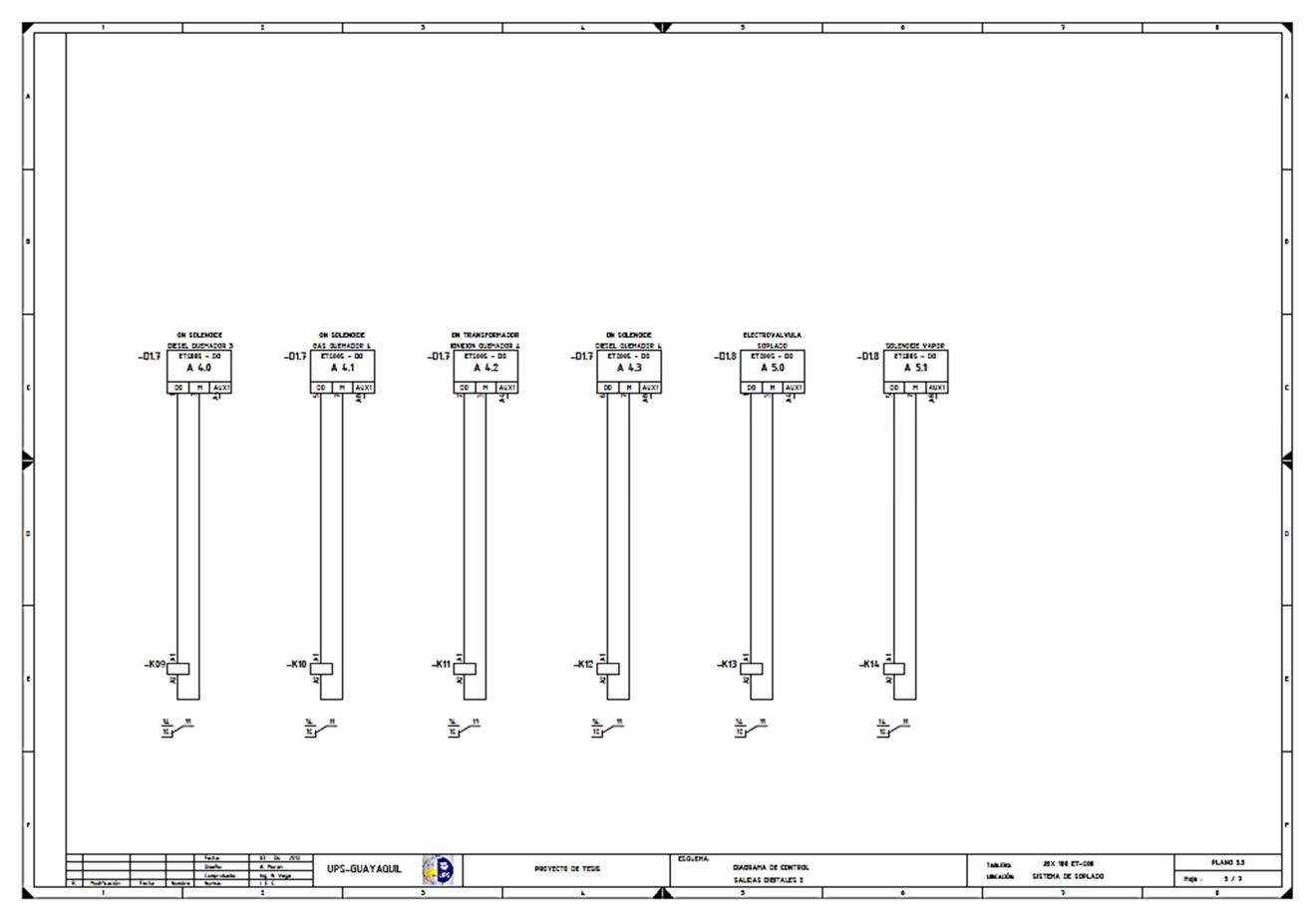
Plano 3.2 Diagrama de control, Alimentaciones y protecciones Fuente: Autores



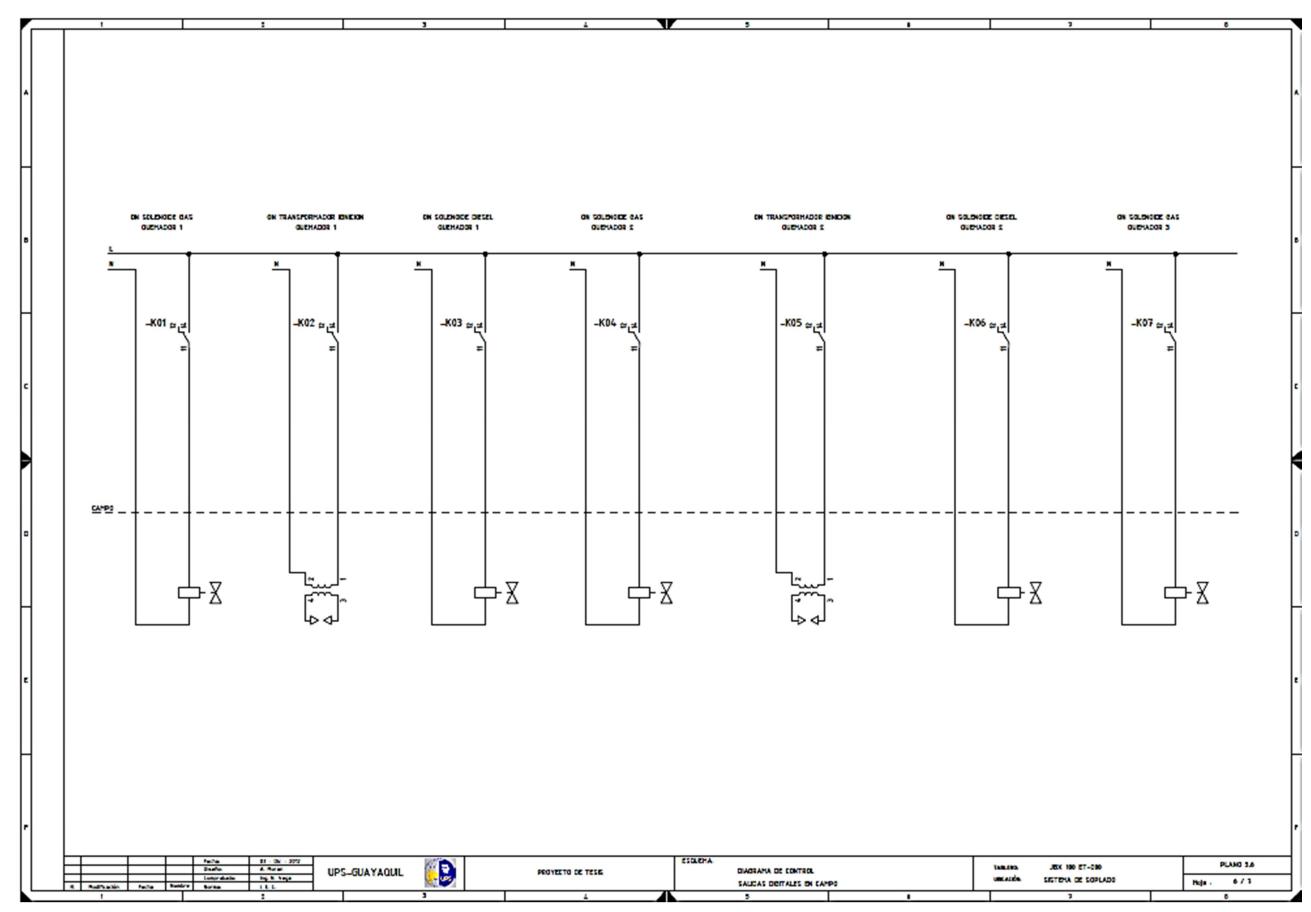
Plano 3.3 Diagrama de control, Entradas Digitales Fuente: Autores



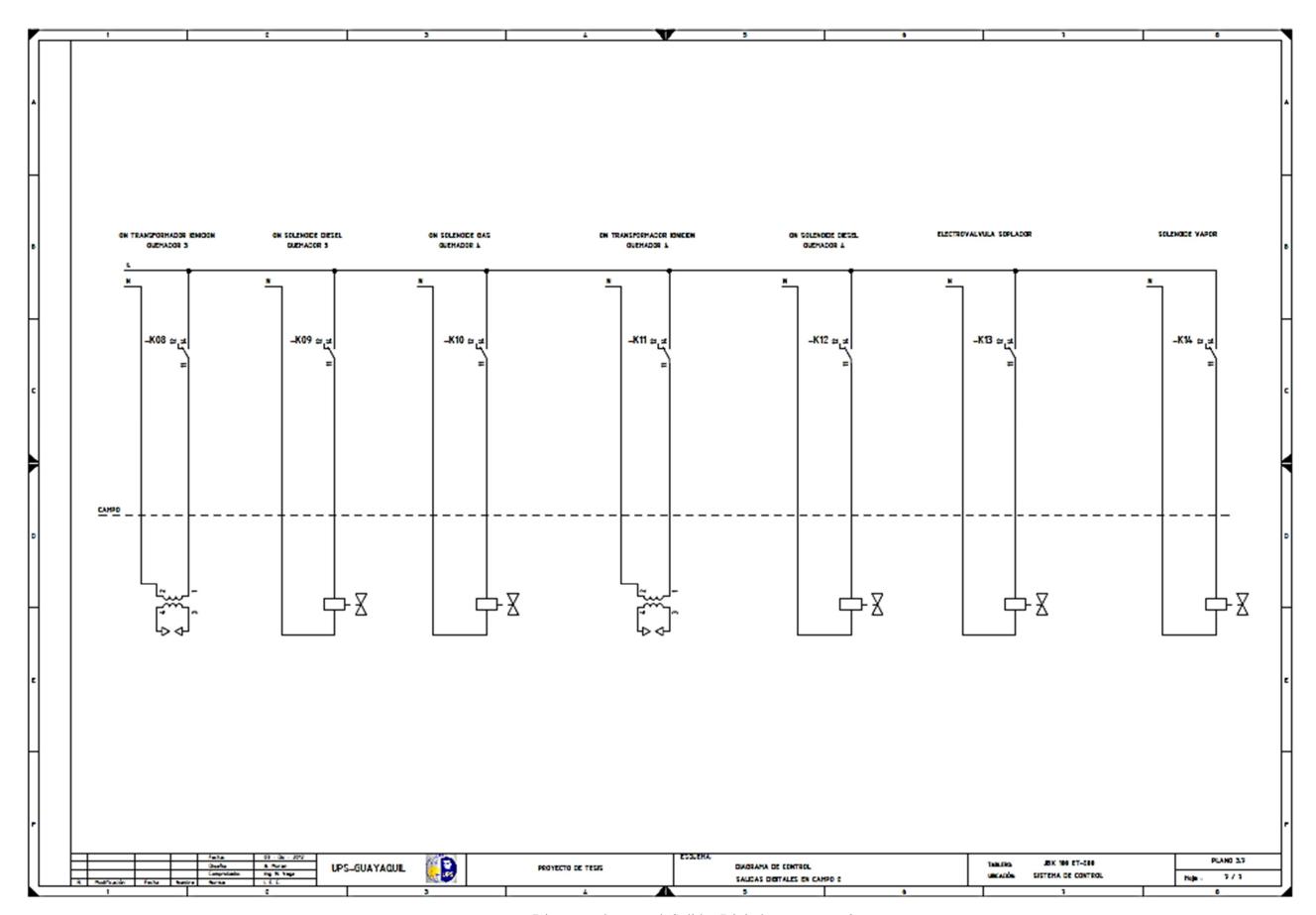
Plano 3.4 Diagrama de control, Salidas Digitales 1



Plano 3.5 Diagrama de control, Salidas Digitales 2



Plano 3.6 Diagrama de control, Salidas Digitales en campo 1

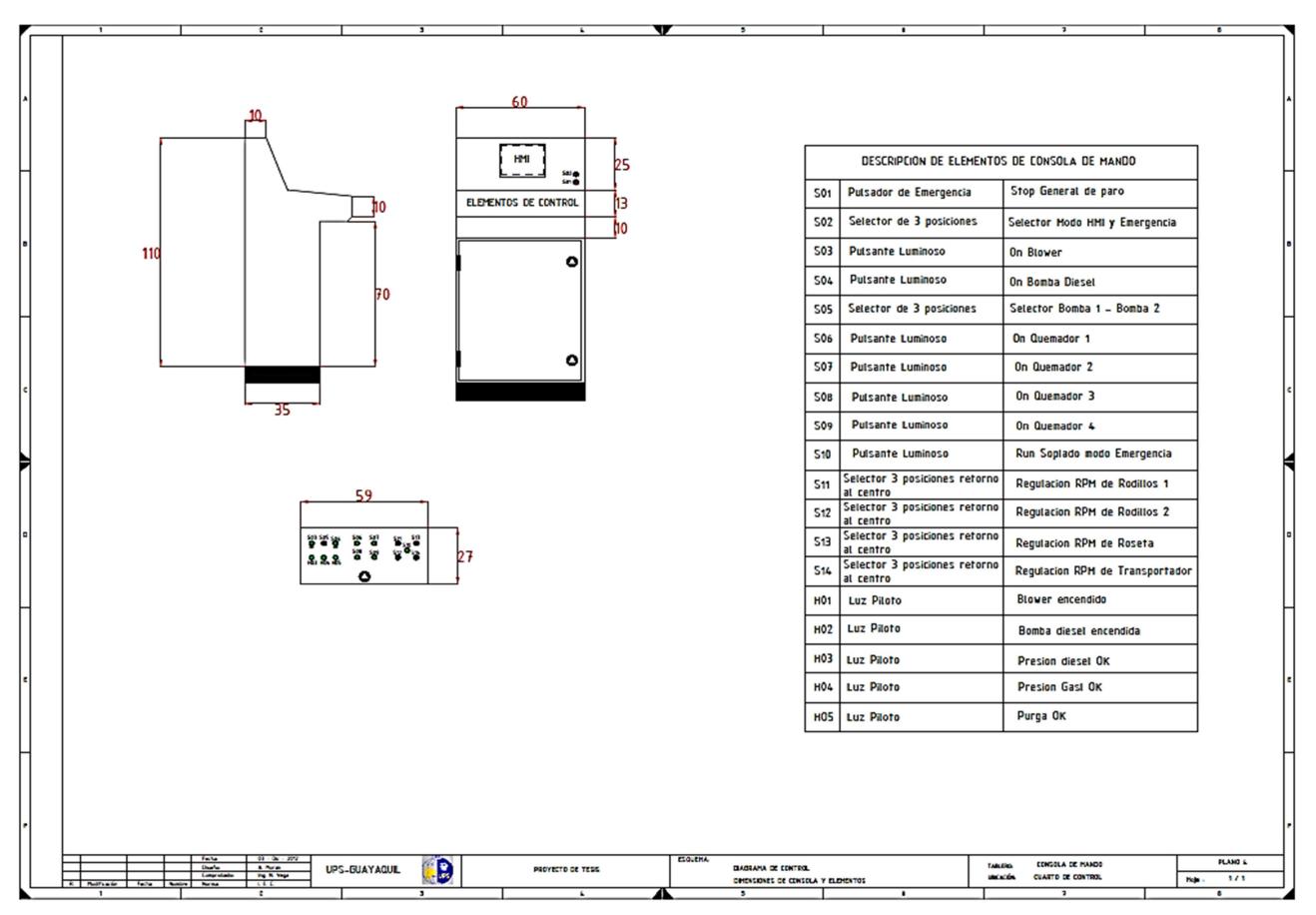


Plano 3.7 Diagrama de control, Salidas Digitales en campo 2 **Fuente**: Autores

5.7.4. GRUPO 4: PLANOS DE CONSOLA DE MANDO

Se diseña aquí las medidas de la consola de mando y los elementos que albergara, con su respectiva nomenclatura de acuerdo a los diagramas eléctricos elaborados al comienzo de este capítulo en las **Figuras 5.1 y 5.3**.

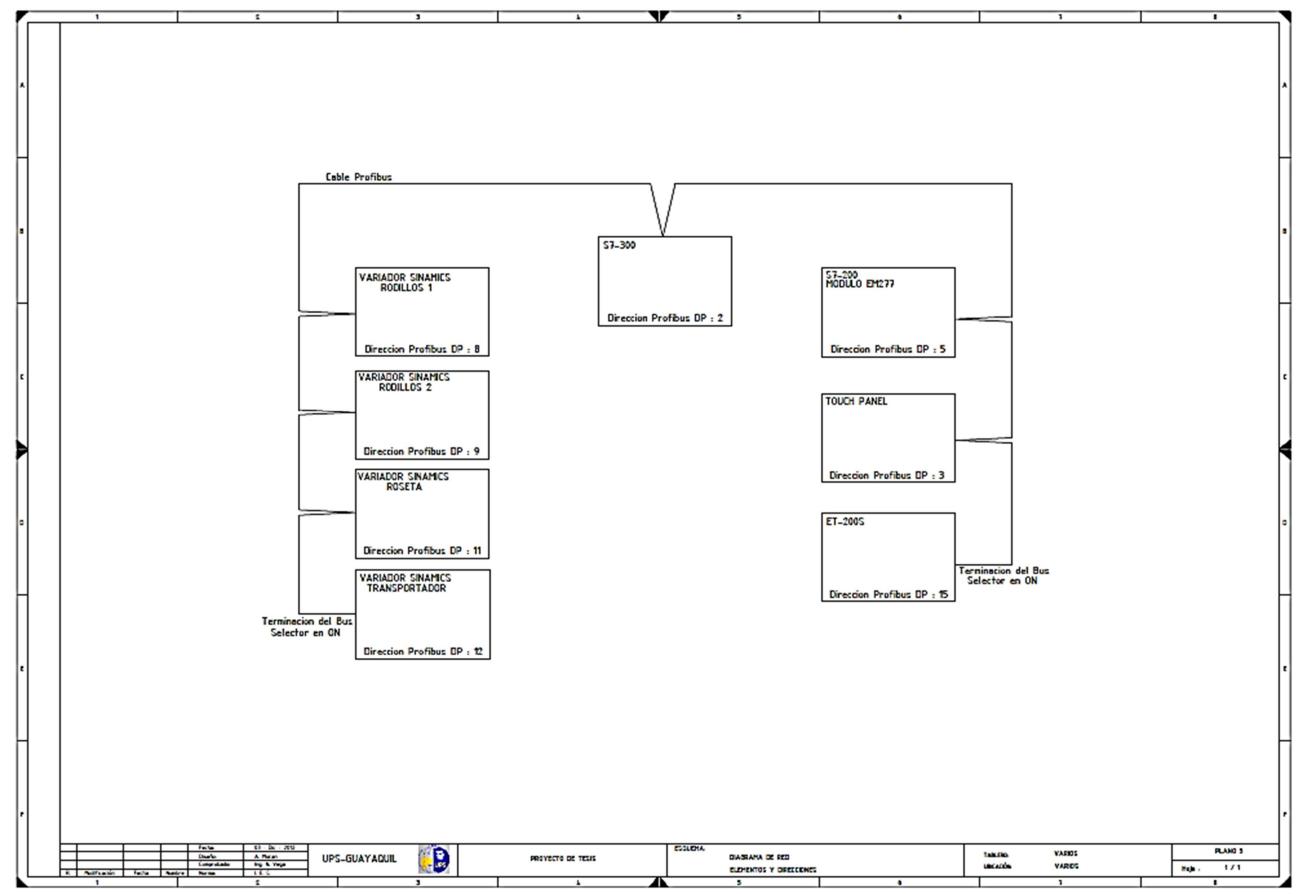
En este panel consta también el HMI, aquí se describe las medidas del calado para su correcta colocación.



Plano 4 Consola de Mando Fuente: Autores

5.7.5. GRUPO 5: PLANOS DE RED DE COMUNICACIÓN

Finalmente en este plano se realiza el diagrama de la red Profibus implementada, con sus respectivas direcciones, tipo de conector Profibus (con conexión externa o no) y se señala la terminación del bus (off en resistencia del conector)



Plano 5 Esquema de Red Profibus

Fuente: Autores

CAPÍTULO 6

SOFTWARE DE CONTROL

6.1. PROGRAMACIÓN DE SOFTWARES DE CONTROL.

Para realizar la programación se requiere de distintos software, a continuación se

generaliza la estructura de programación para cada uno de los equipos, los programas

se muestran en sus anexos respectivos (Anexo 6 y Anexo 7).

Los Sofware's utilizados son:

Administrador Simatic Programación del S7-300

STEP7 Micro/Win Programación del S7-200

WINCC Flexible Programación del HMI

Simotion Scout Programación de variadores

6.1.1. ADMINISTRADOR SIMATIC

El administrador Simatic es la herramienta de programación de los PLC's S7-300 y

S7-400. Es una interfaz gráfica de usuario que sirve para la edición online/offline de

objetos de S7, puede manejar los proyectos, librerías, activar herramientas, acceder al

PLC en línea y editar las tarjetas de memoria. Este se maneja como un entorno de

Windows, después de haber configurado el proyecto, los datos son almacenados en

forma de objeto en una estructura árbol (proyecto jerárquico).

El administrador Simatic se maneja con dos ventanas:

Offline.- muestra la estructura del programa almacenado en el disco duro del

dispositivo de programación.

Online.- muestra la estructura del programa almacenado en la CPU

Dentro de la carpeta programas de la CPU programada se encuentra la sub-carpeta

bloques, la misma que agrupa los bloques de datos del sistema (SDB), los bloques de

usuario(OB, FC, FB) y los bloques del propio sistema (SFC, SFB). Dependiendo de

los requerimientos del sistema se puede estructurar varios bloques diferentes, donde

se almacenaran datos del usuario y otros datos relacionados.

112

A continuación se describe brevemente cada uno de los bloques:

Bloques de Organización (OB): interfaz entre programa de usuario y el sistema

operativo del PLC, se puede organizar de dos maneras el programa:

• Programa lineal; todo en un mismo OB

• Programa estructurado; distintos bloques

Funciones (FC): contiene parte de la funcionalidad del programa, se puede

programar funciones a las que se le asigna parámetros para luego ser usados en tareas

repetitivas o complejas.

Funciones de sistema (SFC): funciones parametrizables integradas en el sistema

operativo de la CPU, la cantidad y funcionalidad es fija.

Bloques de función (FB): la misma funcionalidad de las funciones, con la diferencia

que tiene su propia área de memoria en forma de bloques de datos de instancia.

Bloques de datos (DB): son áreas de datos del programa de usuario distribuidas en

forma estructurada.

6.1.1.1. CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE

En la barra de herramienta se activa el icono catálogo de Hardware, mediante el cual

se realiza la configuración del equipo en la que se va a trabajar, primeramente se

selecciona el bastidor, luego la fuente, CPU y demás módulos sucesivamente; la

manera de seleccionarlos es arrastrar cada equipo adecuado según las

especificaciones descritas en el **Capítulo 4** (selección de módulos).

En la Figura 6.1 se muestra la configuración de los equipos a utilizados en el

presente proyecto.

113

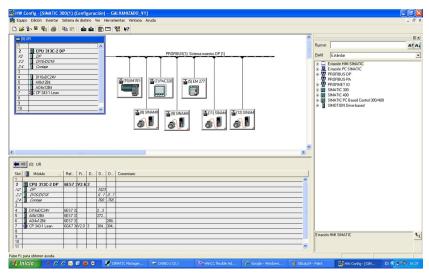


Figura 6.1 Configuración del Hardware realizada Fuente: Autores

Para poder realizar la programación de los diferentes equipos primero se debe levantar la red de comunicación (**Figura 6.2**) parametrizando las direcciones a cada elemento, se hace esto para poder realizar todas las programaciones en modos offline u online dentro de la comunicación Profibus desde un solo punto con el cable de comunicación, de no ser así la programación de cada elemento se tendría que hacer de manera individual cambiando el cable de comunicación.

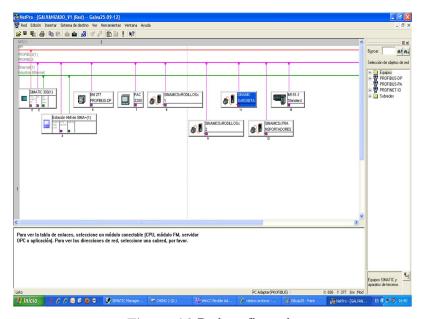


Figura 6.2 Red configurada
Fuente: Autores

En la **Figura 6.3** se observa el tipo de lógica con que se programó el PLC S7-300 esto es, realizando llamadas a subrutinas que por separado cumplen con las condiciones de operación del sistema.

Se realizó escalamiento para las señales análogas, esto con el propósito de obtener los datos adecuados para el correcto funcionamiento del programa, finalmente en el **Anexo 6** se muestra la programación de cada uno de los bloques del sistema.

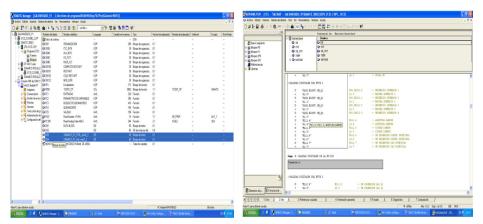


Figura 6.3 Estructuras de Programación del S7-300 Fuente: Autores

6.1.2. STEP 7 MICRO/WIN

Es una aplicación simple que se controla por medio de tres editores los mismos que se ajustan a las necesidades del usuario.

El editor KOP es una programación gráfica, que simula el flujo de corriente al igual que la corriente eléctrica en condiciones lógicas permitiendo así que las salidas se habiliten, este posee contactos abiertos/ cerrados y una barra de alimentación.

La lógica se divide en segmentos (networks). El programa se ejecuta un segmento tras otro, de izquierda a derecha y luego de arriba abajo.

El editor KOP representa a las entradas como: Interruptores, botones o condiciones internas; las salidas como: Lámparas, arrancadores de motor, relés interpuestos o

condiciones internas de salida; las operaciones adicionales como: temporizadores, contadores u operaciones aritméticas.

El S7-200 posee dos modos de operación: STOP y RUN.

Modo STOP: En este modo el programa no se ejecuta y se puede realizar cambios al programa.

Modo RUN: En este modo el programa podrá ser ejecutado.

El programa principal también conocido como OB1 es la parte del programa que tiene las operaciones a controlar en la aplicación, las cuales se ejecutan secuencialmente en cada ciclo.

En la **Figura 6.4** se observa parte de la programación en el PLC S7-200, esto es mediante el lenguaje de programación KOP o esquema de contactos, este lenguaje está especialmente indicado para facilitar el cambio desde un sistema realizado con relés por uno con PLC, adicional que reduce el tiempo de formación de programadores; la programación completa se muestra en el **Anexo 7**.

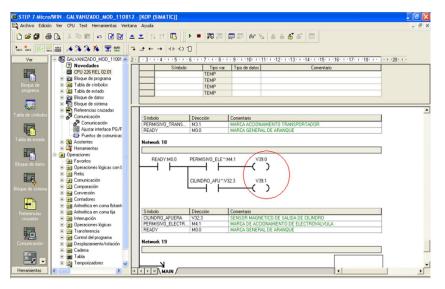


Figura 6.4 Estructura de programación de sistema de Soplado **Fuente:** Autores

Adicional se debe considerar que al trabajar en un sistema maestro-esclavo bajo una red PROFIBUS se debe realizar ciertas parametrizaciones para el correcto intercambio de datos entre el CPU 300 y el CPU 200, es decir que cualquier dato que coloquemos en las salidas de periferia de la CPU 300 se verá reflejado en la CPU S7-200 en un espacio de memoria particular designado para esta función, de la misma manera todo dato que leamos de las entradas de periferia de la CPU S7-300 son datos que tiene designado un espacio de memoria particular en la CPU S7-200.

El S7-200 puede insertarse como esclavo en una red PROFIBUS-DP, utilizando el módulo EM277, lo primero que se debe hacer es parametrizar la dirección PROFIBUS DP, en la **Figura 6.5** se muestra la manera de configurar la dirección del módulo.



Figura 6.5 Configuración de dirección Profibus en módulo EM277 **Fuente**:

http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/2615830/S7_200_ueb er Profibus DP mit S7 300 verbinden 02 e.gif

Para el intercambio de datos entre el maestro y el esclavo, hay que definir las zonas de memoria para los datos de envío y recepción en ambos lados. En el S7-200, estas zonas deben estar en la zona de variables.

Como ejemplo se muestra la **Figura 6.6**, que define una longitud de datos de 2 Bytes para los datos de envío y recepción, también se han elegido las siguientes zonas de direcciones:

Buzón de recepción del S7-300: EB10 y EB11

Buzón de envío del S7-300: AB10 y AB11

Buzón de recepción del S7-200: VB100 y VB101

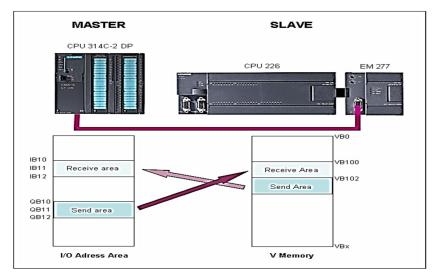


Figura 6.6 Direccionamiento de comunicación **Fuente**:

http://cache.automation.siemens.com/dnl/zI/zI5MjE5AAAA 2615830 FAQ/S7 200

ueber Profibus DP mit S7 300 verbinden 05 e.gif

Luego de esta explicación se puede configurar la comunicación, se abre la ventana de propiedades del módulo EM277 y se indica la dirección de inicio del buzón de recepción, con ayuda del parámetro I/O Offset en la memoria V. En la configuración del proyecto se ha elegido la dirección VB30 (**Figura 5.7**). El buzón de envío lo inserta automáticamente el sistema justo detrás del buzón de recepción y no hace falta indicarlo manualmente.

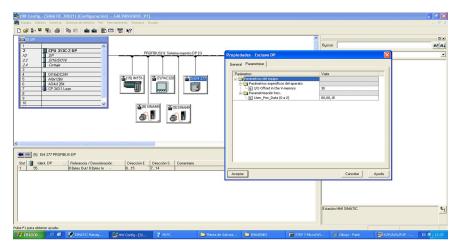


Figura 6.7 Parametrización del I/O Offset Fuente: Autores

uente. Autore

6.1.3. WINCC FLEXIBLE

WinCC flexible es el software que hace posible que las tareas de configuración necesarias se realicen. Dependiendo de la edición de WinCC flexible se determina qué paneles de operador de la gama SIMATIC HMI pueden ser configurados.

Las tareas más comunes a realizarse son las siguientes:

- La comunicación con los sistemas de automatización
- La visualización de las imágenes en la pantalla
- El control del proceso
- La grabación de los datos actuales de Runtime

Las variables externas son las que hacen posible el intercambio de datos (comunicación) entre los componentes de un proceso. Los tipos de datos dependen del autómata y del panel de operador. Si se trabaja con STEP 7 es posible crear variables externas y tener acceso directo a ellas.

Las variables internas son las imágenes del proceso que se encuentran en una posición de memoria, a la que se puede accesar y elegir si es de lectura o escritura. Este tipo de variable no tiene conexión con el autómata, se guardan en la memoria del panel de operador y únicamente pueden ser accesadas desde el mismo, ya que estas poseen todos los tipos de datos básicos se las utiliza por ejemplo en transformación de unidades.

Se puede tener acceso a la posición de memoria tanto del panel como del autómata, donde se puede leer o escribir. Se puede acceder cíclicamente o por control de eventos a la escritura y lectura. La dirección de la variable debe ser la misma en el autómata y en el panel de operador, para así establecer el control del programa, permitiendo que tanto el panel de operador como el autómata tengan acceso a la misma dirección de memoria.

Mediante pantallas amigables (Figura 6.8) se realiza la programación del HMI,

obteniendo y enviando datos de los PLC'S y variadores.



Figura 6.8 Ventanas Programadas en el HMI Fuente: Autores

6.1.4. SIMOTION SCOUT

Siemens SIMOTION SCOUT se utiliza para crear y gestionar proyectos y ofrece una visión uniforme de todos los datos y programas. La innovación más importante es el control de movimiento a través de gráficos Gráfico de control de movimiento.

Al igual que Step 7 el Simotion Scout es una herramienta que facilita la puesta en marcha de variadores, ya que de manera gráfica y en pasos secuenciales ponemos a punto su arranque (**Figura 6.9**), adicionalmente se requiere de una programación específica en el S7-300 que se muestra en el **Anexo 6.**

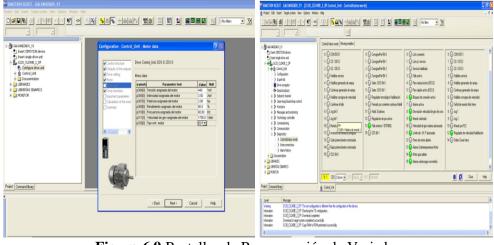


Figura 6.9 Pantallas de Programación de Variadores

Fuente: Autores

CAPÍTULO 7

IMPLEMENTACIÓN

7.1. MONTAJE FÍSICO.

Dentro del tablero eléctrico se encuentra la placa de montaje (**Figura 7.1**), dónde se instaló canaletas para ordenar cables, rieles DIN (**Figura 7.2**) para ubicación de elementos de control y protección, borneras para ordenamiento de entradas y salidas, posteriormente montamos los elementos de protección (breakers y fusibles) según la ubicación dada por el plano respectivo.



Figura 7.1 Placa de Montaje **Fuente:** Autores



Figura 7.2 Montaje de Soportes **Fuente:** Autores

Cómo se observa en la **Figura 7.3** los elementos de protección se encuentran en la parte superior, luego los elementos de control de entradas y salidas y finalizando con las borneras, la descripción a detalle se muestra en el **Plano N**° **2.1**



Figura 7.3 Montaje de Elementos **Fuente:** Autores

Se bebe revisar obligatoriamente el selector de tensión de Red de la fuente esté en la posición correcta, para nuestro caso específico 110 V AC, ya que de fabrica viene ajustado para tensión de red de 230 V AC.

La instalación del PLC del sistema de Quemadores y los módulos adicionales se lo realiza considerando las guías de instalación del S7-300, su correcta colocación se la hace sobre un riel soporte especial de la misma familia del PLC. Para la instalación de la CPU y sus módulos adicionales (**Figura 7.4**) primero se debe colocar el conector de bus, para el caso de los módulos análogos antes de su colocación se debe seleccionar el rango correcto de medición.



Figura 7.4 Montaje de Fuente, CPU y Módulos **Fuente:** Autores

Así mismo se considera guías de instalación S7-200 para el PLC del sistema de Soplado (**Figura 7.5**); también guías de instalación Synamics para los variadores de velocidad.



Figura 7.5 Elementos de Panel de Control de Soplado **Fuente:** Autores

Todas las señales de entradas y salidas del sistema se acoplan con las señales de campo mediante borneras.

7.2. CABLEADO DE TABLEROS

Para el cableado de alimentación +24 V DC se utiliza cable de color azul # 16 AWG y color blanco para 0V DC # 16 AWG. Para conexiones de 110 V AC se utilizó cables color rojo # 16 AWG y color negro para Neutro # 16 AWG. Para conexiones de Termocuplas se utiliza cable para Termocuplas tipo J y tipo K, elaborados de materiales especiales para la compensación de este tipo de medición y para las señales análogas se utiliza cable apantallado de 2 hilos; en general para conexión de cableado a equipos de control, borneras y demás se utiliza terminales y marquillas

para identificación, de manera visual se muestra la Figura 7.6.





Figura 7.6 Nuevos Tableros Instalados
Fuente: Autores

Se debe mencionar que todo el cableado eléctrico de los instrumentos de campo y del tablero fue realizado por el grupo de tesis, considerando todas las protecciones del caso como son los breakers y fusibles.

7.3. CABLEADO DEL SISTEMA

Como se mencionó en el capítulo 2 tanto el cableado de campo y sus canaletas se encontraban deterioradas, se fabricó nuevas canaletas (**Figura 7.7**) con sus respectivas tapas de protección, dichas canaletas llegan a cada uno de los Junction Box del sistema.

Desde las Junction Box se reparte el cableado a cada uno de los actuadores del sistema, esto se lo realiza con tuberías rígidas EMT y también con fundas selladas flexibles.

Adicional a la canaleta de cables se adjunta una línea de tubería rígida exclusivamente para el paso del cable de red desde el tablero de control hasta la ET-200. La canaleta de cableado transporta solo cableado de fuerza ya que el cableado de control fue simplificado por la ET-200 bajo comunicación Profibus.



Figura 7.7 Cableados de Campo

Fuente: Autores

7.4. CABLEADO DE RED

El cableado de red (**Figura 7.8**) se lo realiza con cable Profibus y conectores del mismo tipo, para el levantamiento de red se debe considerar la selección de terminación de bus.



Figura 7.8 Cableados de Red **Fuente:** Autores

7.5. REVISIÓN DEL CABLEADO DEL TABLERO ELÉCTRICO.

La revisión del cableado del tablero eléctrico se la practicó con la finalidad de verificar que todos los elementos instalados en el tablero se encuentren bien conectados y funcionando.

- ➤ Inspeccionar que los dispositivos instalados sean los adecuados.
- ➤ Verificar el libre acceso a los equipos instalados.
- Verificar que la disposición de los equipos dentro del tablero eléctrico sean adecuados.

- Inspeccionar que los dispositivos no tengan daños mecánicos visibles.
- ➤ Chequear el ajuste adecuado de cables, borneros y terminales.
- ➤ Chequear que todas las conexiones y uniones sean seguras.

7.6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Una vez concluida la instalación de los dispositivos de control, se realizó la calibración de los dos sensores, la calibración de los dos fines de carrera, la fijación de los parámetros de trabajo del variador de frecuencia y se realizaron las siguientes pruebas de funcionamiento.

Primeramente se verificó la continuidad de cada uno de los interruptores del panel de control para garantizar que la lógica de control normalmente abierto o normalmente cerrada sea la adecuada.

Se verificó si todos los elementos y dispositivos de control se encuentren alimentados y en sus salidas presenten los niveles adecuados de voltaje necesarios para el control, siendo necesaria la adecuada polarización de los detectores para que su lógica de conexión no esté invertida.

Se verificó que todos los actuadores como: electroválvulas, solenoides, transformadores de ignición, Modutroles y motores sean encendidos y apagados mediante las señales generadas en el panel de control a través de los relés para la parte de potencia.

Se procedió a encender el sistema y se realizó los ajustes necesarios para su correcto funcionamiento, los ajustes para calibraciones de tiempo, presión y temperatura fueron evaluados con personal operario del equipo. La calibración del control de temperatura (Termocuplas) se lo realizo con un medidor digital disponible en planta, esto para realizar la compensación de medición de la Termocupla, ya que esta mide la temperatura de la pared del crisol y la temperatura real de operación es la temperatura del zinc fundido contenido en el crisol.

7.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para el análisis de resultados se realiza la comparación de 4 meses de producción antes de la mejora con 4 meses de producción después de la mejora.

Se ha logrado reducir aproximadamente en un 75% la horas de para correspondientes a problemas por sobre-temperatura o baja- temperatura, el restante 25% corresponde según el análisis a malas operaciones del personal operativo al momento de sumergir materiales en el crisol (Exceso de materia prima).

Para realizar el análisis extraemos las horas ahorradas por la mejora y se realiza la multiplicación por el promedio de productividad (Ton/H) de la línea obteniendo un valor en toneladas, luego se procede a multiplicar este valor por el promedio de venta de cada tonelada dándonos un resultado en dólares de aporte por disminución de horas de para por mes.

Para entender mejor se muestra la siguiente formula y la **Tabla 7.1** muestra el análisis en valores reales.

Horas ahorradas(H) × Productividad promedio
$$\left(\frac{Ton}{H}\right)$$
 = Incremento de Producción (Ton)

Incremento de Producción (Ton) × Costo de venta $\left(\frac{\$}{Ton}\right)$ = **Valor de aporte** (\\$)

Horas de Para por Sobre-temperatura o baja-temperatura					
Antes de la mejora Después de la mejora					
26,6 horas promedio x mes 6,5 horas promedio x mes					

Reducción de Horas: 75,56 %

Horas ahorradas	Productividad Promedio	Incremento de	Costo de venta
(H)	(Ton/H)	Producción (Ton)	(\$/Ton)
20,1	0,96	19,296	447

Valor de aporte a la empresa (promedio x mes):	8.625,31 \$
--	-------------

Tabla 7.1 Resultados por disminución de horas de para Temperatura Fuente: Autores

También se ha logrado la disminución de los tiempos de Setup (calibraciones de parámetros). Antes de la mejora los parámetros se regulaban todos por separado siendo el más crítico la regulación de temperatura. Este tiempo era considerable debido a que el operador debía regular cada parámetro de velocidad visualizando la frecuencia en el mismo variador y regulando manualmente las válvulas de ingreso de diésel de manera empírica basado en su experiencia para aumentar o disminuir la temperatura.

De manera real estas calibraciones tomaban alrededor de 30 minutos en una repetición de una vez por día, es decir que promedio mensual para proceso de tubería se tiene 20 calibraciones, solo 20 días debido a que los restantes 10 son para otros procesos. Con el actual sistema estas calibraciones toman alrededor de 15 minutos, ya que con una sola instrucción todos los parámetros son regulados.

Se realiza el mismo análisis determinando la disminución de horas y multiplicando por la productividad promedio obteniendo el incremento de producción en toneladas que a su vez al ser multiplicado por el costo de venta se obtiene el valor de aporte en dólares que representa por mes esta mejora. Para entender mejor se muestra la siguiente formula y la **Tabla 7.2** muestra el análisis en valores reales.

$$Horas\ ahorradas(H)\times Productividad\ promedio\ \left(\frac{Ton}{H}\right) = Incremento\ de\ Producción\ (Ton)$$

$$Incremento\ de\ Producción\ (Ton)\times Costo\ de\ venta\ \left(\frac{\$}{Ton}\right) = \textit{Valor\ de\ aporte}\ (\$)$$

Horas de para por Setup (por día)						
Antes de la mejora Después de la mejora						
0,5 horas 0,25 horas						

Incremento de horas para producción: 0,25 horas x día

Horas ahorradas	Productividad Promedio		Costo de venta
(H)	(Ton/H)	Producción (Ton)	(\$/Ton)
5	0,96	4,8	447

Valor de aporte a la empresa (promedio x mes):	2.145,60 \$
--	-------------

Tabla 7.2 Resultados por disminución de horas de para Setup Fuente: Autores

Otra de las mejora es la disminución del consumo de zinc por el no manipuleo de los parámetros de extracción de tubería (valores fijados en recetas), se logra reducir en 5,29% por mes, representando esto un ingreso a la empresa y ayudando a disminuir el costo de transformación.

Para entender mejor se muestra la siguiente formula y la **Tabla 7.3** muestra el análisis en valores reales.

Zinc ahorrado(Ton) × Precio del zinc
$$\left(\frac{\$}{Ton}\right) = Valor de aporte (\$)$$

Consumo de zinc mensual							
Antes de la mejora Después de la mejora							
42,5 toneladas	40,25 toneladas						

Disminución de consumo de zinc: 5,29%

Zinc ahorrado	Precio			
(Ton)	(\$/Ton)			
2,25	1.750,00			

Valor de aporte a la empresa (promedio x mes): 3.937,50 \$

Tabla 7.3 Resultados por disminución de consumo de Zinc Fuente: Autores

Según el análisis de resultados mostrado se evidencia que al tener mejoras sean estas grandes o pequeñas su cuantificación incide sustancialmente en aportes a la empresa debido a los costos de venta del producto y a los costos de la materia prima (zinc)

Finalmente se concluye que la integración de los PLC, variadores y HMI del nuevo sistema de control y la reducción de componentes cumple con dos de los conceptos fundamentales que se persiguen para las metas de producción de una planta, que son confiabilidad y eficiencia.

Adicional se recalca que el nuevo sistema de control implementado es flexible a los posibles cambios que sean necesarios para su mejoramiento, reparación o integración.

CRONOGRAMA Y MEMORIA ECONÓMICA

CRONOGRAMA DE ACTVIDADES

	2011 2012																		
Actividad	J u n	J u l	A g o	S e p	O c t	N o v	D i c	E n e	F e b	M a r	A b r	M a y	J u n	J u l	A g o	S e p	O c t	N o v	D i c
Análisis e																			
Investigación		_																	
Asesoría y cotizaciones de equipos																			
Compra de equipos					_			Impor	tación										
Implementación de Tableros de control							_												
Implementación con equipos de importación																			
Montaje de sistema																			
Pruebas de funcionamiento																			
Evaluación y calibración del sistema														_					
Desarrollo de trabajo escrito														_		_			

Tabla 8.1 Cronograma de Actividades

Fuente: Autores

El presente proyecto tuvo una duración de aproximadamente 18 meses, con dos prórrogas otorgadas debido a:

- Altos volúmenes de producción donde no se pudo parar el sistema para realizar los cambios planteados.
- Importación de equipos mecánicos (repuestos de quemadores) para complementos de la mejora.

Para el montaje solo se pudo realizar el cambio del panel de Soplado dentro del primer periodo de seis meses, debido a que se procesó mayor cantidad de materiales de terceros dejando el sistema de tuberías libre.

No así el sistema de quemadores que se lo debió realizar en una parada de planta ocasionada por la rotura del crisol.

PRESUPUESTO

En la **Tabla 8.2** se detalla el costo de materiales utilizados para el proyecto planteado.

Ca nt.	Unid ad	Elemento	Marca	Características	Costo Unitario	Costo Mercado [\$]
1	uní	Tablero		0,80 x 1,75 x 0,35 (a x h x f)	1.000,00	1.000,00
5	uni	Canaletas	Camsco	GA65 0,60 x 0,55	17,17	85,85
5	uni	Tapas para canaleta	Camsco	Tipo GA6	11,16	55,80
4	uni	Riel Din		Omega Din 35 (2mt)	6,49	25,96
2	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 6 Amp	9,20	18,40
1	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 3 Amp	11,48	11,48
2	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 2 Amp	11,48	22,96
12	uni	Relays		Bobina 110 VAC 5 pines	10,25	123,00
30	uni	Relays		Bobina 24 VDC 5 pines	9,12	273,60
42	uni	Base para Relays		Para 5 pines	6,78	284,76
1	uni	Bastidor	Siemens	Riel de 480mm	55,00	55,00
1	uni	Fuente para PLC	Siemens	PS307 120/230 +24VDC 5A	250,00	250,00
1	uni	PLC (CPU)	Siemens	CPU 313C-2 DP	1.875,00	1.875,00
1	uni	Memory Card	Siemens	128 KB	142,00	142,00
1	uni	Conector Frontal	Siemens	40 polos	66,00	66,00
1	uni	Módulo de entradas digitales	Siemens	SM322 16 DO x 24 V	381,00	381,00
1	uni	Módulo de entadas analógicas	Siemens	SM331 8 x 12bits	1.050,00	1.050,00
1	uni	Módulo de salidas analógicas	Siemens	SM332 4 x 12 bits	870,00	870,00
1	uni	Módulo de comunicación	Siemens	CP343-1 Lean; Ethernet	1.155,00	1.155,00
3	uni	Conector Frontal	Siemens	20 polos	44,00	132,00
4	uni	Controladores de llama	Honeywell	Controlador 120 VAC	562,64	2.250,56
4	uni	Sub-bases	Honeywell	Base para controlador de llama	38,43	153,72
4	uni	Amplificadores de llama	Honeywell	Amplificador para sensor de llama	185,00	740,00

4	uni	Tarjetas de purga	Honeywell	Tarjetas de 10 seg. de purga	67,00	268,00
4	uni	Sensores de llama	Honeywell	Sensores UV de detección de llama	128,02	512,08
2	uni	Modutroles		Motor 4-20 mA para regulación de diésel	596,00	1.192,00
1	uni	Guarda motores	Schneider	24 a 32 Amp	152,94	152,94
2	uni	Guarda motores	Schneider	1,6 a 2,6 Amp	60,90	121,80
1	uni	Contactores	Telemecani que	Bobina de 110 VAC para 10 HP	91,17	91,17
2	uni	Contactores	Telemecani que	Bobina de 110 VAC para 3 HP	31,30	62,60
200	uni	Borneras y accesorios	Schneider	Para cable #14 AWG	1,36	272,00
200	uni	Terminales	Schneider	Para cable #14 AWG	0,13	26,00
400	Mts	Cable de control		# 14 AWG varios colores	0,32	128,00
60	Mts	Cable concéntrico		4 x 12 AWG	3,86	231,60
20	mts	Cable concéntrico		4 x 10 AWG	5,08	101,60
60	Mts	Cable para Termocupla		Tipo J y Tipo K	5,29	317,40
20	Mts	Cable apantallado		3 Hilos	3,15	63,00
1	uni	Consola de mando		0,60 x 1,10 x 0,35 (a x h x f)	750,00	750,00
1	uni	Paro de emergencia	Harmony	Hongo de paro con contacto NC	25,73	25,73
1	uni	Selector	Harmony	Selector 2 posiciones sin retorno al centro	15,32	15,32
7	uni	Pulsantes	Harmony	Pulsante con retorno iluminado	25,10	175,70
1	uni	Touch Panel	Siemens	HMI TP177B color	1.980,00	1.980,00
4	uni	Junction Box	Beacoup	Tableros de conexiones en campo	83,00	332,00
1	uni	Alarma sonora		Baliza sonora 120 V	145,00	145,00
4	uni	Alarma visual		Elemento luminoso	23,79	95,16
1	uni	Módulo de Periferia descentralizada	Siemens	ET-200S IM11-1 para Profibus	433,00	433,00
1	uni	Módulo de Potencia	Siemens	PM-E1 para ET-200S	60,00	60,00
4	uni	Módulos de entradas digitales	Siemens	4 DI x 24 VDC	54,00	216,00
5	uni	Módulos de salidas digitales	Siemens	4 DO x 242 VDC	112,00	560,00
1	uni	Conector Profibus	Siemens	Conector sin borne de conexión	68,00	68,00
2	uni	Conector Profibus	Siemens	Conector con borde de conexión	88,00	176,00
35	Mts	Cable Profibus	Siemens	Cable Profibus Fast Connec	3,30	115,50
1	uni	Tablero		0,80 x 1,75 x 0,35 (a x h x f)	1.000,00	1.000,00

5	uni	Canaletas	Camsco	GA35 0,30 x 0,55	14,92	74,60
5	uni	Tapas para canaleta	Camsco	Tipo GA3	5,20	26,00
3	uni	Riel Din		Omega Din 35 (2mt)	6,49	19,47
1	uni	Breaker	Merlin- Gerin	Breaker de 60 Amp	63,50	63,50
1	uni	Distribuidor de carga	Legrand	4 Líneas	37,00	37,00
1	uni	Transformador	General Electric	0,5 KVA 440/220-110 VAC	175,00	175,00
5	uni	Guarda motores	Schneider	de 13 a 18 Amp	72,08	360,40
1	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 6 Amp	9,20	9,20
2	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 3 Amp	11,48	22,96
2	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 2 Amp	11,48	22,96
1	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 1 Amp	11,48	11,48
2	uni	Interruptor Termomagnético	Schneider	C60N - 4 Amp	9,20	18,40
1	uni	Interruptor Termomagnético	Siemens	5SX - 10 Amp	6,63	6,63
5	uni	Interruptor Termomagnético	Siemens	5SX - 2 Amp	9,01	45,05
1	uni	Fuente Sitop	Siemens	SITOP 120/230 +24VDC 5A	250,00	250,00
1	uni	PLC (CPU)	Siemens	CPU 226 AC/DC/DC	860,00	860,00
1	uni	Módulo de Comunicación	Siemens	EM 277 para Profibus	340,00	340,00
4	uni	Variadores	Siemens	Synamics G-120 3HP	576,00	2.304,00
4	uni	Unidades de control	Siemens	CU240B-2 DP para Profibus	250,00	1.000,00
4	uni	Panel Operador	Siemens	BOP para configuración	40,00	160,00
4	uni	Reactancia	Siemens	Reactancia de entrada	193,00	772,00
200	uni	Terminales	Schneider	Para cable #14 AWG	0,13	26,00
200	uni	Terminales	Schneider	Para cable #12 AWG	0,18	36,00
400	mts	Cable de control		# 14 AWG varios colores	0,32	128,00
600	mts	Cable de fuerza		4 x 12 AWG	3,86	2.316,00
4	uni	Conector Profibus	Siemens	Conector sin borne de conexión	68,00	272,00
1	uni	Conector Profibus	Siemens	Conector con borde de conexión	88,00	88,00
5	mts	Cable Profibus	Siemens	Cable Profibus Fast Connec	3,30	16,50
				TOTAL		30.170,84

Tabla 8.2 Precios de Elementos

Fuente: Autores

Los costos generados por mano de obra se detallan en la **Tabla 8.3**.

Descripción del Servicio	Valor (\$)	
Ensamblaje de tableros	\$	470,00
Programación de PLC de Quemadores, Soplado, ET-200 y Variadores	\$	700,00
Programación de HMI	\$	250,00
Montaje Eléctrico	\$	350,00
Costo Total:	\$	1.770,00

Tabla 8.3 Costos de Mano de Obra **Fuente:** Autores

Una vez realizado la revisión de costos individual, se presenta en la **Tabla 8.4** el valor total de la inversión para la implementación del nuevo sistema de control.

Descripción	Valor (\$)		
Elementos	\$ 30.170,84		
Mano de Obra	\$ 1.770,00		
Costo Total:	\$ 31.940,84		

Tabla 8.4 Costo Total de la Implementación **Fuente:** Autores

Ahora para determinar el beneficio obtenido por la implementación es necesario sumar todos los valores que en las **Tablas 7.1**, **7.2** y **7.3** del capítulo 7. La **Tabla 8.5** muestra los valores en dólares de aporte a la compañía que se han obtenido por implementación del sistema, son valores promedio por mes.

Descripción	Ahorro	Ingresos a la Compañía	
Reducción de Horas de para por Temperatura	20,1 horas x mes	\$ 8.625,31	
Reducción de Horas de para por Setup	5 horas x mes	\$ 2.145,60	
Reducción del Consumo de Zinc	2,25 toneladas x mes	\$ 3.937,50	
	Ingreso mensual por	\$ 14.708,4	

Tabla 8.5 Valores ahorrados por implementación **Fuente:** Autores

Se concluye que el retorno de la inversión de este proyecto (**Tablas 8.4**) es de 2,17 meses, es decir que en base a este análisis el proyecto resultó ser muy rentable.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

El nuevo sistema de control y monitoreo implementado ha cumplido los objetivos previstos, pudiéndose destacar las siguientes ventajas sustanciales:

- Al finalizar el diseño e implementación del presente proyecto se ha conseguido obtener un equipo que presenta un sistema de control moderno y flexible que facilitará su mejora, adecuación o reparación cuando sea necesario.
- Disminuir los tiempos de paras ocasionados por la mala regulación de la temperatura del crisol y disminuir las pérdidas de materia prima por que no se manipulan las velocidades del sistema de extracción de tubería.
- Detección y alerta inmediata de fallas del sistema.
- Eventuales cambios y mejoras en el sistema a futuro se pueden realizar en línea sin tener que realizar paradas de producción.
- El análisis detallado realizado al sistema completo permitió conocer claramente su funcionamiento, consecuentemente se pudo elegir los equipos apropiados para efectuar la automatización.
- El operador está totalmente familiarizado con el funcionamiento del equipo ya que al mantener las características originales de funcionamiento, el operador no necesita involucrarse con la lógica funcional del equipo sino con el manejo adecuado del equipo.

RECOMENDACIONES.

Se recomienda documentar cualquier variación o mejora del sistema con el fin de mantener la información actualizada para que esta sirva de ayuda en caso de alguna imprevista falla del sistema.

Se recomienda que las calibraciones de los parámetros de operación, las realice en lo posible el operador para evitar el mal manejo del HMI pudiendo ocasionarle daños al mismo.

Es necesario que el operador esté familiarizado con los elementos y equipos que se encuentran conectados al sistema, para que cuando sea necesario fijar nuevos valores como en el variador de frecuencia o mover algún sensor se lo realice correctamente.

Para el aumento de secuencias bajo programación se recomienda revisar todos los bloques con que cuenta el programa actual, para evitar pérdidas de tiempo, procurando siempre mejorar el direccionamiento.

Se recomienda cortar la red eléctrica mediante el interruptor de poder antes de realizar cualquier reparación en el sistema eléctrico ya sea tan simple como el cambio de una Termocupla.

BIBLIOGRAFÍA

- BORMAN, Gary and Kenneth Ragland, (1998). Combustion Engineering first edition, Singapore: McGraw Hill. - SALVI, G., (1975). La combustión, teoría y aplicaciones. 2ª edición, Madrid: Editorial Dossat. - SIEMENS, (2006). Manual de operación del PLC S7-300. - SIEMENS, (2011). Manual de operación del Variador Synamics G-120. - SIEMENS, (2008). Manual de operación de la Periferia descentralizada ET-200S. - SIEMENS, (2008). Manual de operación del HMI TP177B. - CIC-PITTSBURGH, (2007). Furnaces & Equipment. - HONEYWELL, (1999). Manual de operación de Módulos de Relé serie 7800. - SIEMENS. Tomado de: http://www.siemens.com/answers/ec/es/ Recuperado en: Marzo 2012 - HAUCK.

Tomado de: http://hauckburner.thomasnet.com/?menu=menu6

Recuperado en: Junio 2012

- HONEYWELL.

Tomado de: http://www.honeywell.com/sites/es/Automation-Control-Solutions.htm

Recuperado en: Julio 2012

- NOKTA-SIEMENS MODULES.

Tomado de: http://www.noktaendustriyel.com/eng/Urunler.html

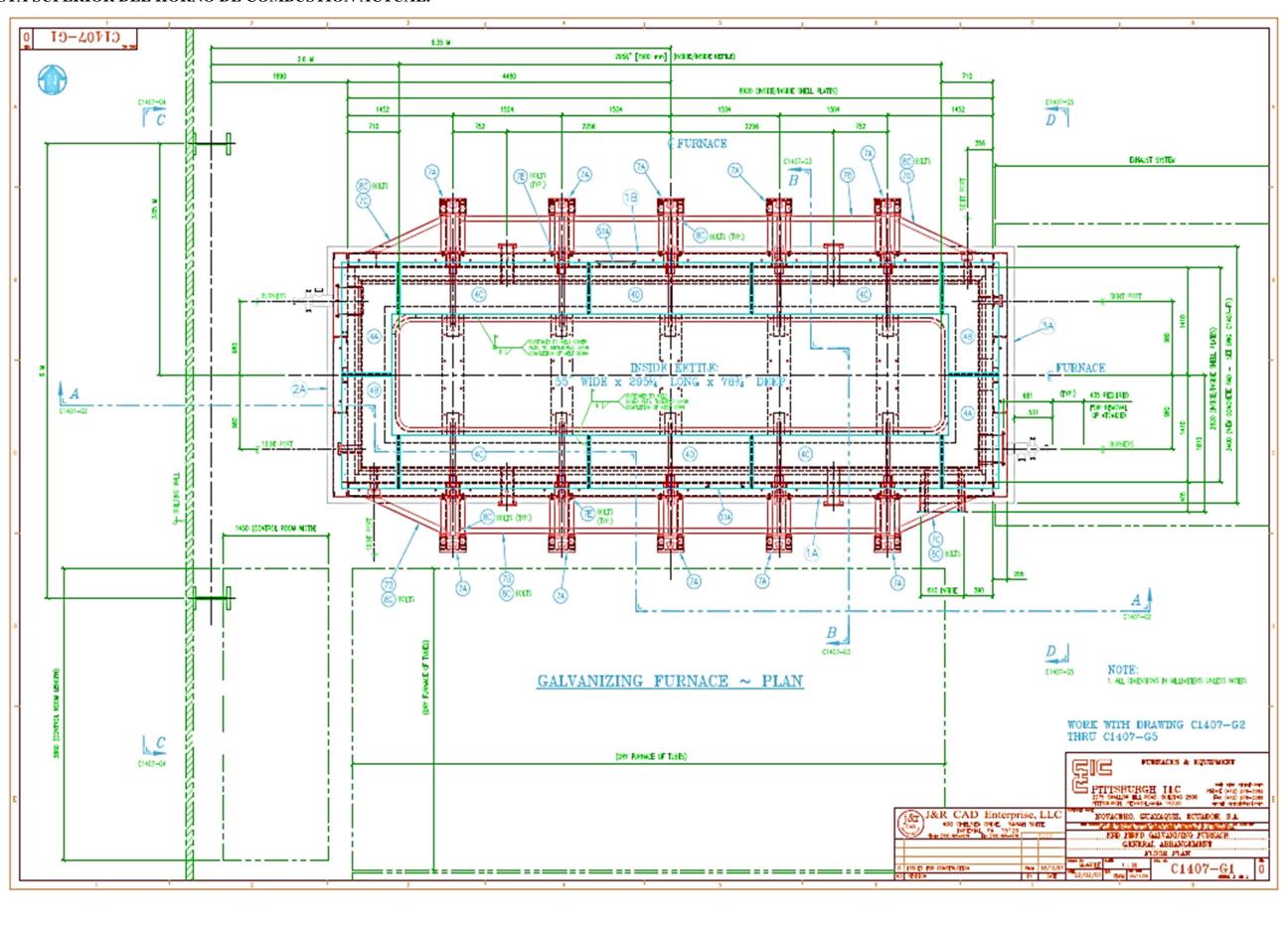
Recuperado en: Septiembre 2012

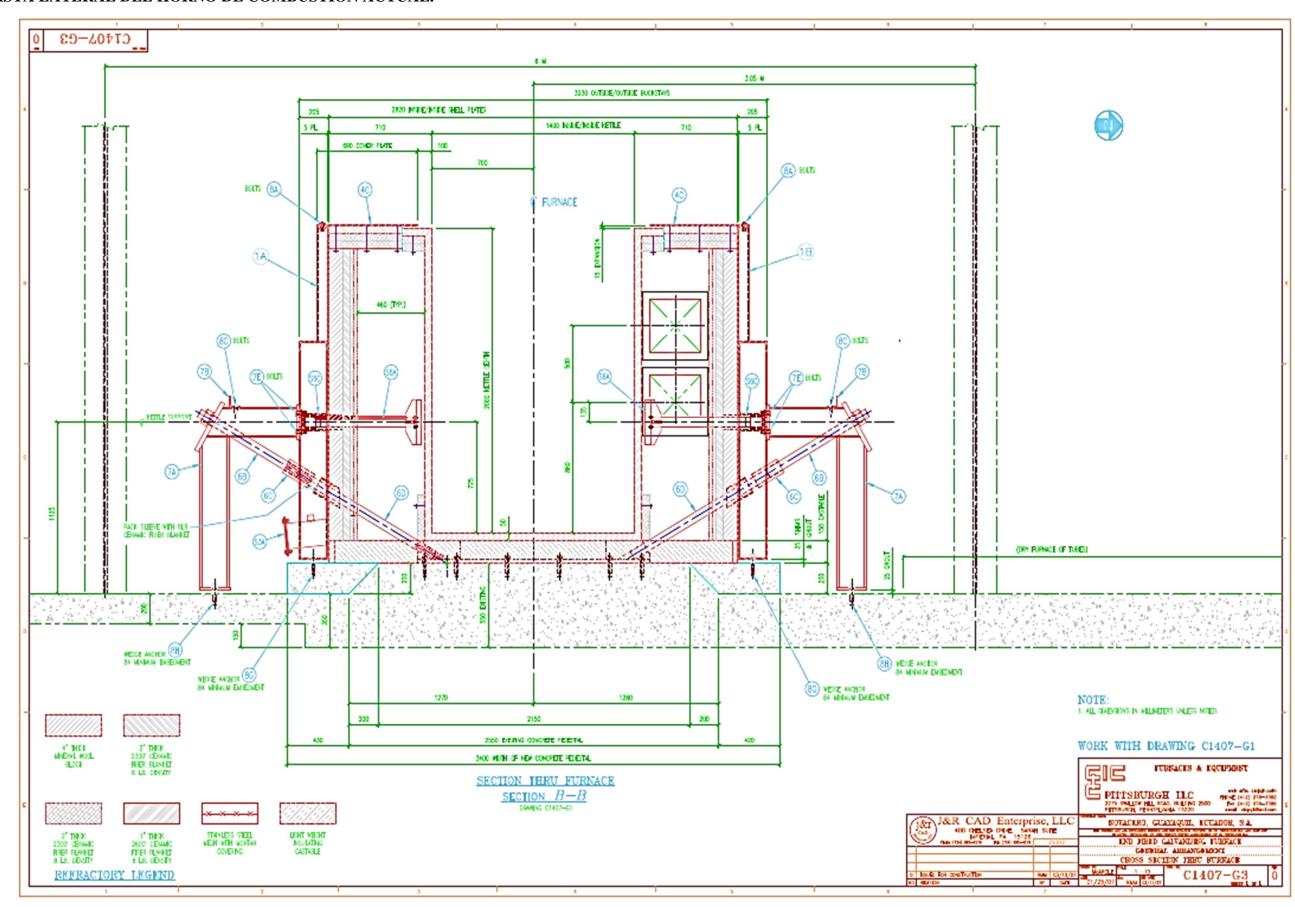
ANEXOS

ANEXO # 1

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL HORNO

VISTA SUPERIOR DEL HORNO DE COMBUSTION ACTUAL.





ANEXO # 2

ESPECIFICACIONES DEL ACERO DEL CRISOL DE GALVANIZADO

Material Del Crisol

Especificaciones Del Acero ASTM 285 Grado A

Este material será empleado en la construcción de un pote que albergará y mantendrá Zinc líquido a 460° C, comercialmente se lo conoce como Fire Box Special Quality.

Esfuerzos mínimos	[ksi]	[Mpa]
De tensión	45-65	310-450
De fluencia	24	165

Elongación en 8 [pulg] 27% Elongación en 2 [pulg] 30%

Composición Química

Carbono máximo 0.17%

Manganeso máximo

Dato obtenido por análisis térmico 0.90%

Dato obtenido por análisis del producto 0.98%

Fósforo máximo 0.035% Azufre máximo 0.04%

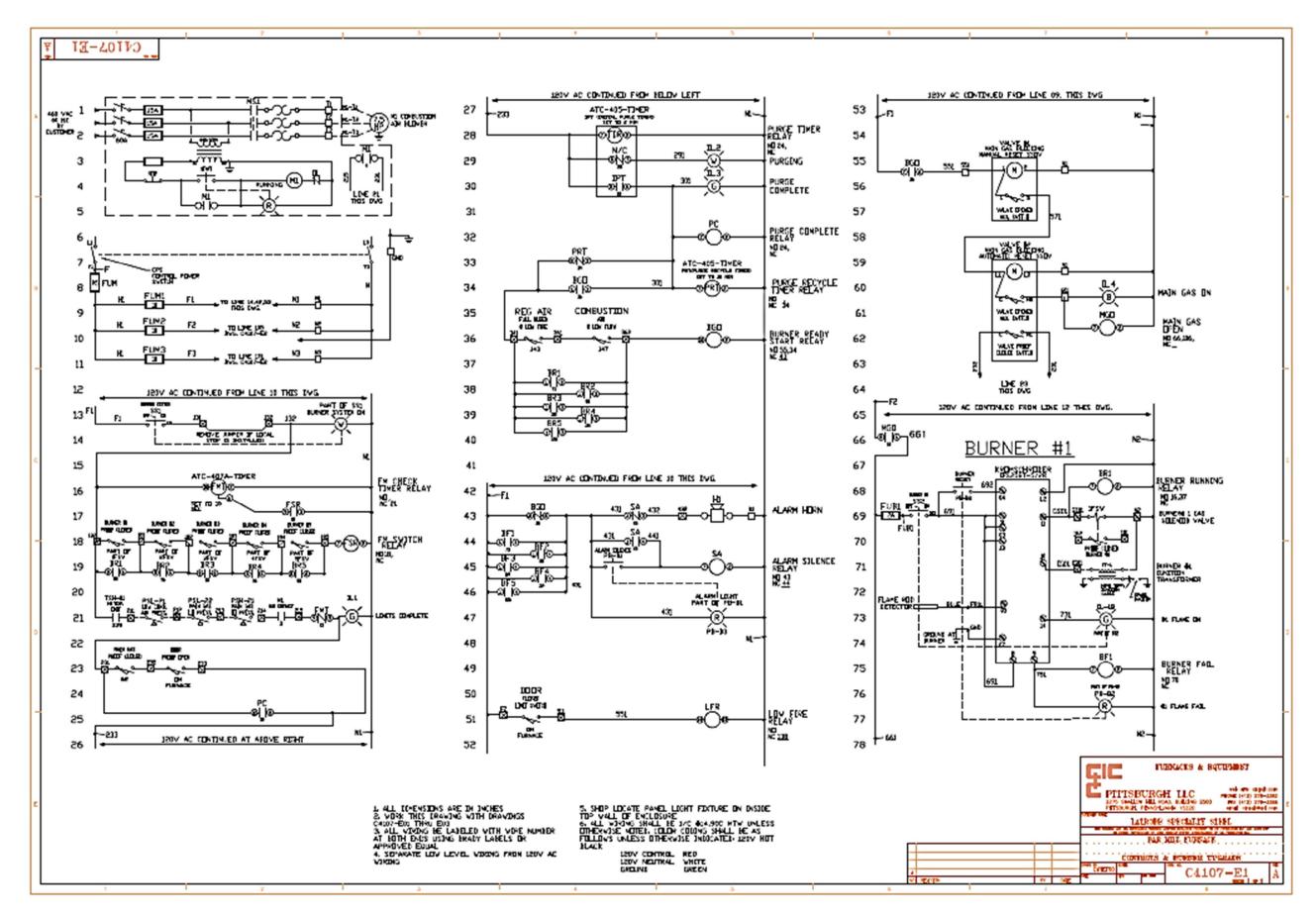
Espesor máximo disponible: 2 [pulg]

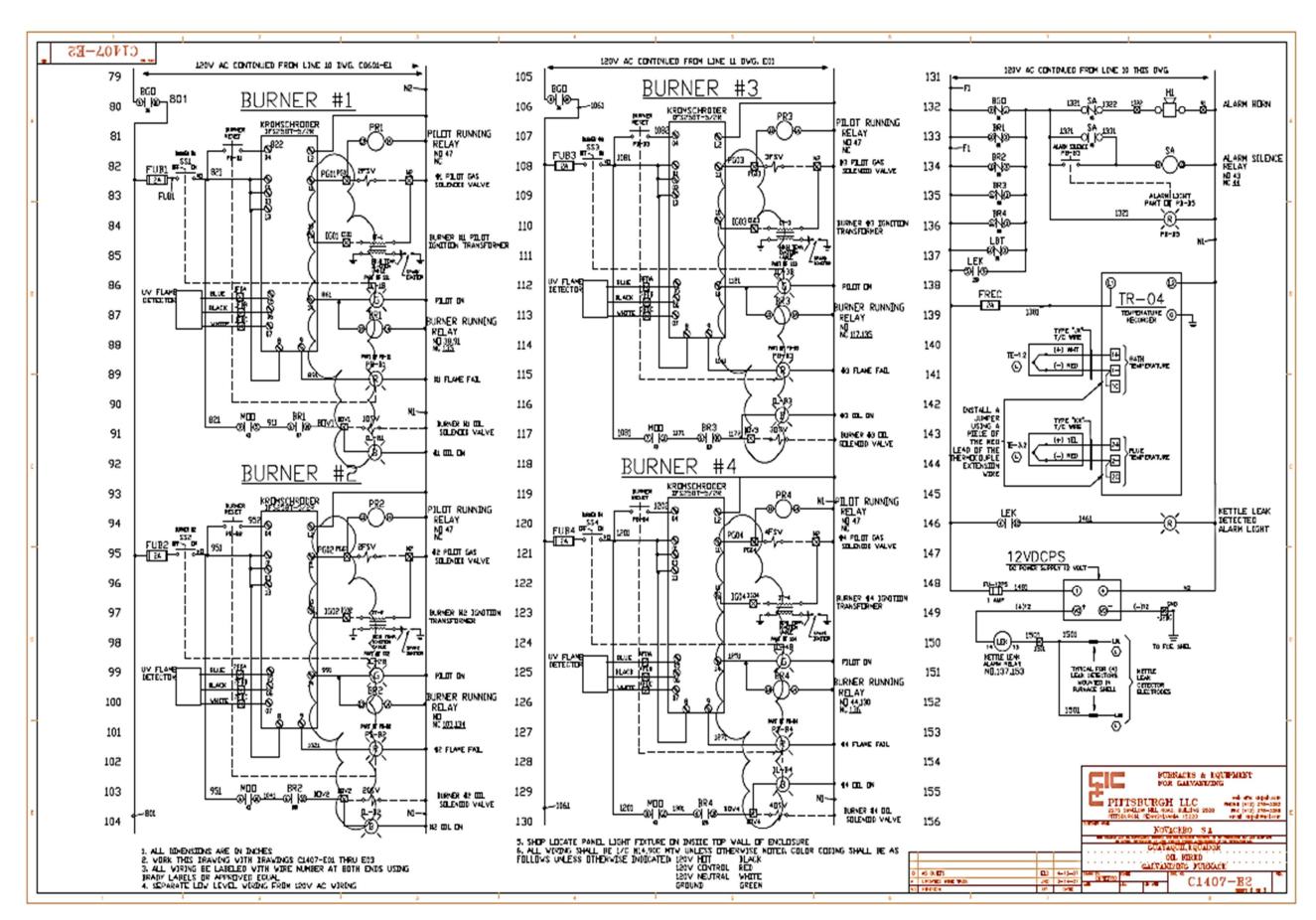
Electrodo Para Relleno

NR - 211 MP

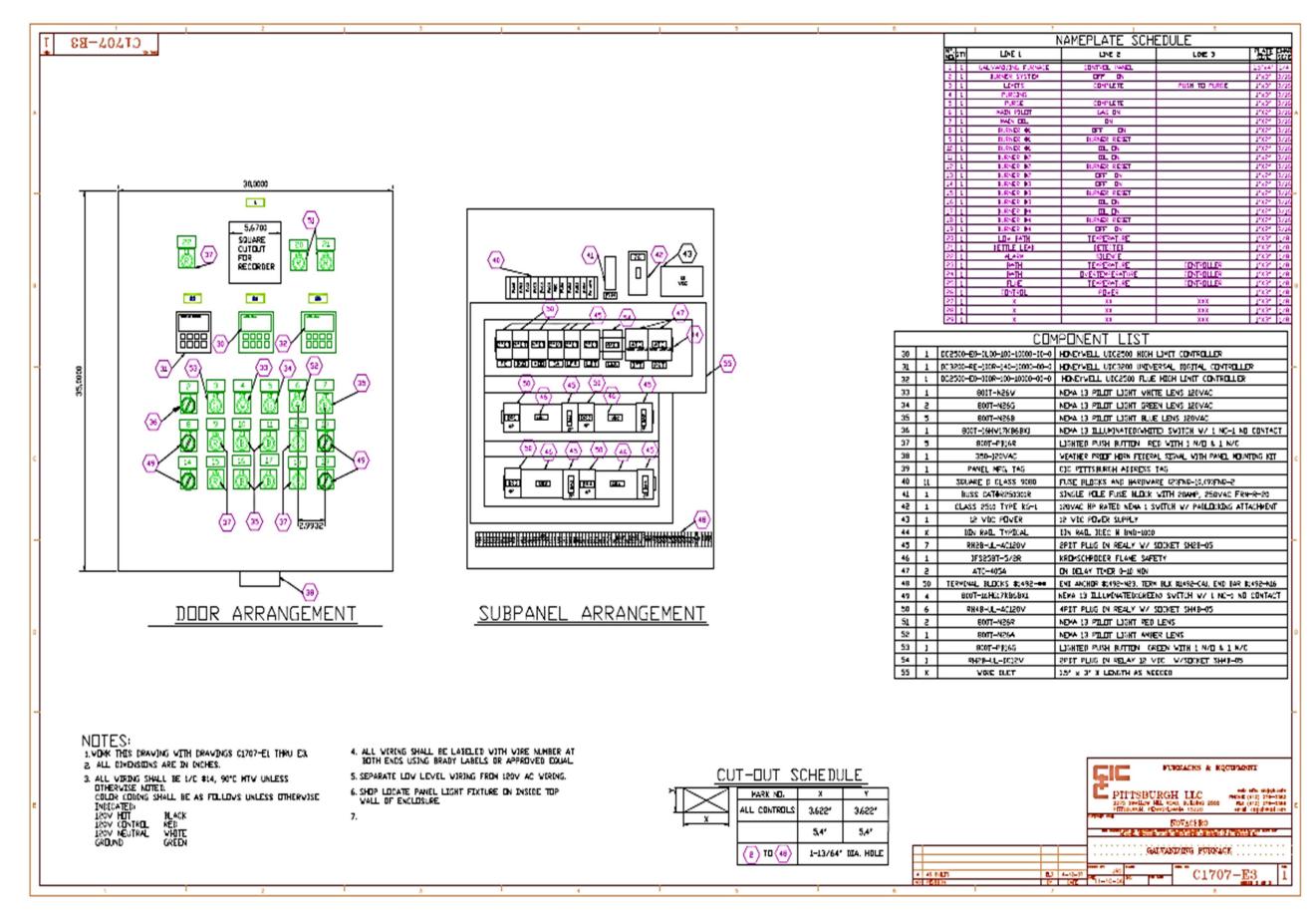
ANEXO#3

PLANOS ELECTRICOS DEL SISTEMA DE QUEMADORES





PLANO ACTUAL DE UBICACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL EN PANEL DE QUEMADORES



ANEXO # 4

TABLA DE CONTROL PARA EL GALVANIZADO DE TUBERÍAS

Page 2014 Page 3014 Page		OVA ON O	NA SEE SEE SEE SEE SEE SEE SEE SEE SEE SE	0.			REGISTRO PLANTA GUAYAQUIL	STRO		F-MTPF Edición	F-MTPRG.48.01 Edición: Quinta
Productor Prod			TAB	LA DE CONTROI	L PARA GALV	ANIZAR TUBOS	S POR SISTEMA	DE SOPLADO			
Productor V. Paqquee Racket Coloranization + Action Principle of Legible of Action (Action of Action of	Elaborado por:						Aprobado por:		Fecha:		
Production UP Payluee Racks / Caddona Times Zince of Lange Age (Accessed and Lange Age) *** Velocidad de rodillos a ro		Operador y Ayudantes	s de Galvanizado			JEFE DE SGI	GERENTE D.	E PLANTA		07-abr-12	
State Stat		II/ Paguete	Backs / Cadena	Temp. Zinc °C	-/+	tiempo de	*Velocidad de	Velocidad	de rodillos	Pres. Soplado	* Tiempo Soplado
(50.11)2 (51.11) <		anapha			ŧ	Seg Seg	Roseta	*Rodillos 1	*Rodillos 2	ext. (PSI)	Interior
(5) 1.1. (6) 1.1. (6) 1.1.		91	2	452	+/-2°C	200	55	50	72	60 - 110	3-4
1501 11 12 1452 1420 1500 155 1500 172 160 1100		61	2	452	+/-2°C	200	55	50	72	60 - 110	3-4
1801 144 61 2 450 440 440 440 540 55 50 50		61	2	452	+/-2°C	200	55	50	72	60 - 110	3-4
SO 11/2* 37 2 450 442°C 200 55 48 68 60 110 10 10 110		61	2	450	+/-2°C	200	55	50	72	60 - 110	4 - 6
(50.7) (40.7)<		37	2	450	+/-2°C	200	55	48	89	60 - 110	4 - 6
(5) 0.4.1. (5) 0.4.2. (5) 0.4	J ISO 2"	19	2	450	+/-2°C	200	55	48	89	60 - 110	4 - 6
(SD 4**)	"s osi	10	3	450	+/-2°C	200	55	32	50	60 - 110	6 - 10
TORR 34** 91 2 450 +/5°C 200 55 50 72 60-110 TORR 716* 61 2 450 +/5°C 200 55 50 72 60-110 TORR 11/4* 61 2 450 +/5°C 200 55 50 72 60-110 TORR 11/4* 61 2 450 +/5°C 200 55 50 72 60-110 TORR 11/2* 37 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 TORR 11/2* 37 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 TORR 11/2* 37 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 TORR 11/4* 37 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 TORR 11/4* 3 450 +/5°C 200 55 48		7	3	450	+/-2°C	200	55	28	50	60 - 110	6 - 10
TGR 7/8** 6f 1 2 450 4/5°C 200 55 50 72 60-110 TGR 1/4** 6f 1 2 450 +/5°C 200 55 50 72 60-110 TGR 1/4** 6f 1 2 450 +/5°C 200 55 50 72 60-110 TGR 1/4** 37 2 450 +/5°C 200 55 48 60-110 60-110 TGR 42.2 37 2 450 +/5°C 200 55 48 60-110 60-110 TGR 42.2 37 2 450 +/5°C 200 55 48 60-110 60-110 TGR 2/4* 37 2 450 +/5°C 200 55 48 60-110 60-110 TGR 2/14* 37 2 450 +/5°C 200 55 48 60-110 60-110 TGR 2/14* 3 450 45°C 200 55 <t< td=""><td></td><td>91</td><td>2</td><td>450</td><td>+/-2°C</td><td>200</td><td>55</td><td>90</td><td>72</td><td>60 - 110</td><td>1-2</td></t<>		91	2	450	+/-2°C	200	55	90	72	60 - 110	1-2
TGR 11-7 61 2 450 +4-5°C 200 55 50 72 60-110 TGR 11/4° 61 2 450 +4-5°C 200 55 50 72 60-110 TGR 11/4° 61 2 450 +4-5°C 200 55 48 66-110 60-110 TGR 13/4° 37 2 450 +4-5°C 200 55 48 66-110 60-110 TGR 21/2° 37 2 450 +4-5°C 200 55 48 66-110 60-110 TGR 21/2° 37 2 450 +4-5°C 200 55 48 66-110 60-110 TGR 21/2° 37 2 450 +4-5°C 200 55 48 66-110 60-110 TGR 21/2° 31 450 +4-5°C 200 55 48 66-110 60-110 TGR 21/2° 10 3 450 +4-5°C 200 55		61	2	450	+/-5°C	200	55	50	72	60 - 110	1-2
TGR 11/4* 61 2 450 +/5°C 200 55 50 72 60-110 70 TGR 11/2* 37 2 450 +/5°C 200 55 48 66-110 60-110 TGR 13/4* 37 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 TGR 24/2* 37 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 TGR 21/2* 37 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 TGR 21/2* 19 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 TGR 21/2* 19 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 TGR 23/8* 10 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 TGR 31/2* 10 3 450 +/5°C 200		61	2	450	+/-5°C	200	55	90	72	60 - 110	1-2
TGR 11/2* 37 2 450 +45°C 200 55 46 72 60-110 70 TGR 13/4* 37 2 450 +45°C 200 55 48 66 60-110 70 TGR 42.2 37 2 450 +45°C 200 55 48 66 60-110 70 TGR 21/4* 37 2 450 +45°C 200 55 48 66-110 70	-	61	2	450	+/-2°C	200	55	90	72	60 - 110	2-3
TGR 134* 37 2 450 4-6°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 42.2 37 2 450 4-6°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 21/4* 37 2 450 4-6°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 21/4* 37 2 450 4-6°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 21/2* 19 2 450 4-6°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 21/2* 19 2 450 4-6°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 21/2* 10 3 450 4-6°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 21/2* 10 3 450 4-6°C 200 55 28 50 60-110 7 T	-	37	2	450	+/-2°C	200	55	90	72	60 - 110	2-3
TGR 2.2. 37 450 4/5°C 200 55 48 68 60-110 TGR 2.1.4° 37 2 450 4/5°C 200 55 48 68 60-110 TGR 21/4° 37 2 450 4/5°C 200 55 48 68 60-110 TGR 21/2° 19 2 450 4/5°C 200 55 48 68 60-110 TGR 21/2° 19 2 450 4/5°C 200 55 48 68 60-110 TGR 21/2° 19 2 450 4/5°C 200 55 48 68 60-110 TGR 21/2° 10 3 450 4/5°C 200 55 28 60-110 60-110 TGR 31/2° 10 3 450 4/5°C 200 55 50 60-110 60-110 TGR 41/2° 10 450 4/5°C 200 55 50 60-110 <td>-</td> <td>37</td> <td>2</td> <td>450</td> <td>+/-2°C</td> <td>200</td> <td>55</td> <td>48</td> <td>89</td> <td>60 - 110</td> <td>2-3</td>	-	37	2	450	+/-2°C	200	55	48	89	60 - 110	2-3
TGR 21/4* 37 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 21/4* 37 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 60-110 TGR 21/2* 19 2 450 +/5°C 200 55 48 66-110 60-110 TGR 21/2* 19 2 450 +/5°C 200 55 48 66-110 60-110 TGR 23/8* 10 3 450 +/5°C 200 55 28 60-110 60-110 TGR 31/2* 10 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 TGR 41/2* 7 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 TGC 34** 10 450 4/5°C 200 55 28 50 60-110 TGC 11/4* 56 1 450 4/5°C 200 55 <td></td> <td>37</td> <td>2</td> <td>450</td> <td>+/-5°C</td> <td>200</td> <td>55</td> <td>48</td> <td>89</td> <td>60 - 110</td> <td>2-3</td>		37	2	450	+/-5°C	200	55	48	89	60 - 110	2-3
TGR 21/4* 37 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 21/2** 19 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 23/4* 19 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 31/2* 10 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 7 TGR 31/2* 7 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 7 TGR 41/2* 7 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 7 TGC 34** 10 1 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 7 TGC 34** 10 1 450 +/5°C 200 55 50 66-110 7 TGC 11/4* 56		37	2	450	+/-5°C	200	55	48	89	60 - 110	2-3
TGR 2 1/2** 19 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 2 3/8** 19 2 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 3*** 10 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 7 TGR 4*** 7 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 7 TGR 4*** 7 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 7 TGC 3*** 7 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 7 TGC 3*** 1 450 +/5°C 200 55 50 66-110 7 TGC 1*** 5 1 450 +/5°C 200 55 48 66 60-110 TGC 1*** 5 1		37	2	450	+/-2°C	200	55	48	89	60 - 110	3-4
TGR 2 3/8" 19 2 45° C 4.6° C 200 55 48 68 60-110 7 TGR 3" 10 3 45° C +/-6° C 200 55 28 50 60-110 60-110 TGR 31/2" 10 3 45° C +/-6° C 200 55 28 50 60-110 70 TGR 41/2" 7 3 45° C +/-6° C 200 55 28 50 60-110 70 TGC 34" 10 1 45° C +/-6° C 200 55 50 72 60-110 70 TGC 11/4" 64 1 45° C 200 55 50 68 60-110 70		19	2	450	+/-2°C	200	55	48	89	60 - 110	3 - 4
TGR 3** 10 3 450 +5°C 200 55 28 50 60-110 7 TGR 31/2** 10 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 60-110 TGR 41/2** 7 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 60-110 TGC 34** 100 1 450 +/5°C 200 55 50 72 60-110 70 TGC 11/4** 64 1 450 +/5°C 200 55 50 68 60-110 70 TGC 11/4** 56 1 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 70 TGC 11/2** 36 1 450 +/5°C 200 55 48 66 60-110 TGC 11/2** 36 1 450 +/5°C 200 55 48 66 60-110		19	2	450	+/-2°C	200	55	48	89	60 - 110	3-4
TGR 31/2* 10 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 7 TGR 41/2* 7 3 450 +/5°C 200 55 28 50 60-110 60-110 TGC 34** 100 1 450 +/5°C 200 55 50 72 60-110 70 TGC 14** 64 1 450 +/5°C 200 55 50 68 60-110 70 TGC 11/4* 56 1 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 70 TGC 11/2* 56 1 450 +/5°C 200 55 48 68 60-110 70 TGC 11/2* 56 1 450 +/5°C 200 55 48 66 60-110 70 TGC 2** 55 48 66 60-110 60-110 70 70 70 70 70 70		10	3	450	+/-5°C	200	55	28	50	60 - 110	3-4
TGR 4** 7 3 450 +6°C 200 55 28 50 60-110 60-110 TGR 41/2** 7 3 450 +6°C 200 55 28 50 60-110 60-110 TGC 34** 100 1 450 +6°C 200 55 50 62 10 60-110 TGC 11/4* 56 1 450 +6°C 200 55 48 68 60-110 70 TGC 11/2* 36 1 450 +6°C 200 55 48 68 60-110 70 TGC 11/2* 36 1 450 +6°C 200 55 48 66 60-110 70 TGC 2** 25 1 450 +6°C 200 55 48 66 60-110 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70		10	3	450	+/-2°C	200	55	28	50	60 - 110	4 - 6
TGR 4 1/2* 7 3 450 +/-6°C 200 55 28 50 60-110 60-110 TGC 34** 100 1 450 +/-6°C 200 55 50 72 60-110 70 60-110 70 </td <td></td> <td>7</td> <td>3</td> <td>450</td> <td>+/-2°C</td> <td>200</td> <td>55</td> <td>28</td> <td>50</td> <td>60 - 110</td> <td>4 - 6</td>		7	3	450	+/-2°C	200	55	28	50	60 - 110	4 - 6
TGC 3/4* 100 1 450 +/-5°C 200 55 50 72 60-110 7 TGC 11/4* 64 1 450 +/-5°C 200 55 60 68 60-110 7 TGC 11/2* 56 1 450 +/-5°C 200 55 48 68 60-110 7 TGC 11/2* 36 1 450 +/-5°C 200 55 48 66 60-110 7 TGC 2** 25 1 450 +/-5°C 200 55 48 66 60-110 7		7	3	450	+/-2°C	200	55	28	50	60 - 110	4 - 6
/4* 56 1 450 +5°C 200 55 50 68 60-110 70-10 /2* 56 1 450 +/-5°C 200 55 48 68 60-110 70-110 /2* 36 1 450 +/-5°C 200 55 48 66 60-110 70-110 *** 25 1 450 +/-5°C 200 55 48 66 60-110 70-110		100	1	450	+/-2°C	200	55	90	72	60 - 110	2-3
/4* 56 1 450 +/-5°C 200 55 48 68 60-110 /2* 36 1 450 +/-5°C 200 55 48 66 60-110 25 1 450 +/-5°C 200 55 48 66 60-110	TGC 1"	64	1	450	+/-2°C	200	55	90	89	60 - 110	2-3
$/2^*$ 36 1 450 $+/5^\circ$ C 200 55 48 66 60-110 -10° C 200 55 48 66 60-110 -10° C 200 55 48 66 60-110 -10° C 200 55 48 66 60-110	TGC 1 1/4"	99	1	450	+/-2°C	200	55	48	89	60 - 110	2-3
25 1 450 +/-5°C 200 55 48 66 60-110	TGC 1 1/2"	36	1	450	+/-2°C	200	55	48	99	60 - 110	2 - 4
	TGC 2"	25	1	450	+/-5°C	200	55	48	99	60 - 110	2 - 4

Tabla A4.1 Tabla de control para el galvanizado de tuberías

Fuente: Procedimientos de Galvanizado (Novacero S.A.)

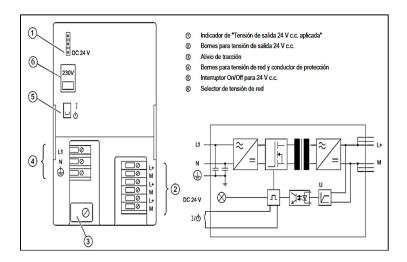
ANEXO # 5

CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN

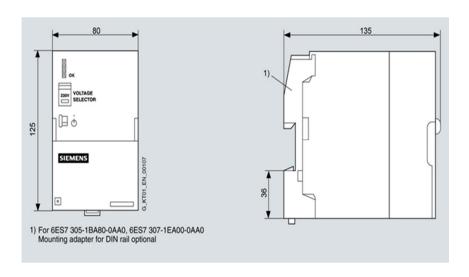
FUENTE PS 307; 5A (6ES7 307-1EA00-0AA0)

Propiedades

- ✓ Intensidad de salida 5 A
- ✓ Tensión nominal de salida 24 VDC, estabilizada, aprueba de cortocircuitos y
 marcha en vacío
- ✓ Acometida monofásica (tensión nominal entrada 120/230 VAC, 50/60 Hz)
- ✓ Puede utilizarse como fuente de alimentación de carga



DIMENSIONES:



BASTIDOR DE MONTAJE S7-300 (6ES7 390-1AE80-0AA0)

Descripciones

El bastidor es un metal riel con orificios para los tornillos de fijación. Se fija a la pared mediante estos tornillos.

Este bastidor es el estante de montaje mecánico de un controlador programable S7-300 estrictamente necesario para la configuración de la unidad; todos los módulos S7-300 se atornillan directamente en este riel.



Está disponible en cinco longitudes diferentes:

- ✓ 160 mm
- ✓ 482 mm
- ✓ 530 mm
- ✓ 830 mm

CPU 313C-2 DP (6ES7 313-6CF03-0AB0)

Sinopsis

- ✓ La CPU compacta con entradas/salidas digitales integradas e interfaz maestro/esclavo PROFIBUS DP
- ✓ Para instalaciones con altos requisitos de capacidad de procesamiento y tiempo de reacción
- ✓ Con funciones tecnológicas
- ✓ Para tareas con funciones especiales
- ✓ Para la conexión de periferia descentralizada

Gama de aplicación

La CPU 313C-2 DP es una CPU compacta para instalaciones con estructura descentralizada. Las entradas y salidas digitales integradas permiten una conexión directa al proceso, y la interfaz maestro/esclavo PROFIBUS DP permite la conexión a componentes periféricos descentralizados. De tal modo, la CPU 313C-2 DP puede utilizarse como unidad descentralizada para el pre-procesamiento rápido y como control superior con sistema de bus de campo subordinado.

Las funciones tecnológicas integradas amplían las posibilidades de aplicación:

- ✓ Contaje
- ✓ Medición de frecuencia
- ✓ Medición de período
- ✓ Modulación del ancho de impulso
- ✓ Regulación PID

> Microprocesador;

El procesador alcanza un tiempo de ejecución de 70 ns por instrucción binaria.

Expansibilidad flexible;

Máx. 31 módulos, (en configuración de 4 bastidores)

Memoria de gran capacidad;

Los 128 kbytes de la memoria de trabajo rápida (equivale a 42 K de instrucciones) para secciones de programa relevantes para el proceso secuencial ofrecen suficiente espacio a los programas de usuario; además, las SIMATIC Micro Memory Cards (máx. 8 Mbytes) como memoria de carga para programas permiten guardar proyectos (incluyendo símbolos y comentarios) en la CPU.

> Interfaz multipunto MPI;

El puerto MPI integrado puede establecer hasta 8 conexiones simultáneas con el S7-300/400, la programadora (PG), el PC o el panel de operador (OP). De las cuales una está reservado de forma fija para PG y otra para OP. El puerto MPI permite configurar con gran sencillez una red de comunicación por "datos globales" con un máximo de 16 CPU

> Interfaz PROFIBUS DP:

La CPU 313C-2 DP con interfaz PROFIBUS DP maestro/esclavo permite configurar estructuras de automatización descentralizadas de alta velocidad y sencillo manejo. La periferia descentralizada es manejada por el usuario como si fuera la central (igual configuración, direccionamiento y programación).

> Entradas/salidas integradas;

16 entradas digitales (todas ellas para el procesamiento de alarmas) y 16 salidas digitales disponibles.

Funciones de visualización e información

Indicadores de estado y de error:Los LED indican, p. ej., errores de hardware, programación, temporización o periferia y estados operativos como RUN, STOP o arranque.

> Funciones de test;

A través de la PG se pueden visualizar estados de señal en la ejecución del programa, modificar variables de proceso independientemente del programa de aplicación y emitir contenidos de memorias de pila.

> Funciones de información;

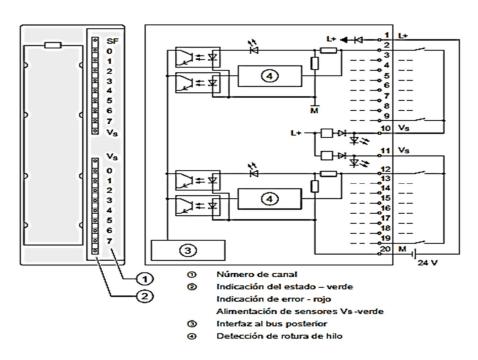
A través de la PG, el usuario puede obtener información sobre la capacidad de memoria y el modo de operación de la CPU, la ocupación actual de la memoria de trabajo y de carga, así como los tiempos de ciclo actuales y el contenido del búfer de diagnóstico en texto explícito.

MÓDULO DI 16 X 24 V ENTRADAS DIGITALES (6ES7 322-1BH01-0AA0)

Propiedades

El módulo SM 321; DI 16 x DC 24 V; con alarmas de proceso y diagnóstico se distingue por las propiedades siguientes:

- ➤ 16 entradas, con separación galvánica en grupos de 16
- > Tensión nominal de entrada 24 V c.c.
- Característica de entrada según CEI 61131, tipo 2
- ➤ Adecuado para conmutadores y detectores de proximidad (BERO) a 2/3/4 hilos
- ➤ 2 alimentaciones para sensores, 8 canales c/u, a prueba de cortocircuitos
- > Conexión externa redundante de alimentac. sensor posible
- ➤ Indicadores de estado "tensión sensores (Vs)"
- ➤ Indicador de fallo colectivo (SF)
- Soporta modo isócrono
- Alarma de diagnóstico parametrizable
- ➤ Alarmas de proceso parametrizables

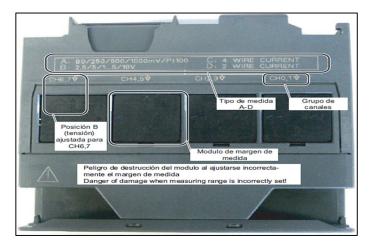


MÓDULO 8X12 Bit ENTRADAS ANÁLOGAS (6ES7 331-7KF02-0AB0)

- ➤ 8 entradas formando 4 grupos de canales
- > Tipo de medición ajustable por grupo de canales
 - Tensión, Intensidad, Resistencia, Temperatura
- Resolución ajustable por grupo de canales (9/12/14 bits + signo)
- Selección del rango de medición discrecional por cada grupo de canales
- Diagnóstico parametrizable y alarma de diagnóstico
- Supervisión de valores límite ajustable para 2 canales
- Alarma de proceso ajustable al rebasarse el valor límite
- Con separación galvánica frente a la CPU y a la tensión de carga (no en 2DMU)

Con STEP 7 es posible ajustar alarmas de proceso para los grupos de canales 0 y 1. Sin embargo, sólo se puede ajustar una alarma de proceso para el primer canal de un grupo, es decir para el canal 0 ó el 2

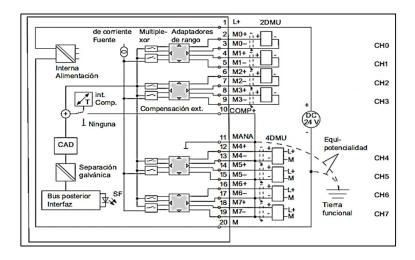
Para el sistema propuesto se utilizara 3 tipos de medida, temperatura mediante Termocuplas tipo J y tipo K; resistencia e intensidad, sabiendo esto debemos tener en cuenta que los cuatro grupos de canales son de medida ajustable, dichos medidas se ajustan con los adaptadores que se encuentran en la parte posterior del módulo.



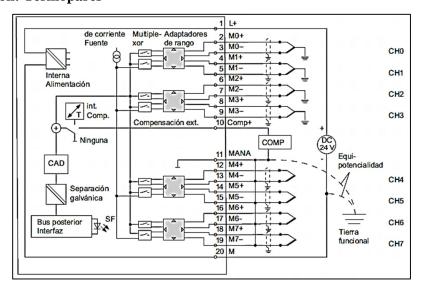
Este módulo posee 4 adaptadores del margen de medida (uno por grupo de canales) y cada adaptador del margen de medida se puede colocar en 4 posiciones distintas (A, B, C o D).

Posición	Tipo de Medida
A	Termopares y medida de resistencia
В	Tensión (ajuste de fábrica)
С	Intensidad (transductor de medida a 4 hilos)
D	Intensidad (transductor de medida a 2 hilos)

Conexión: Transductor a 2 y 4 hilos para medir intensidad



Conexión: Termopares

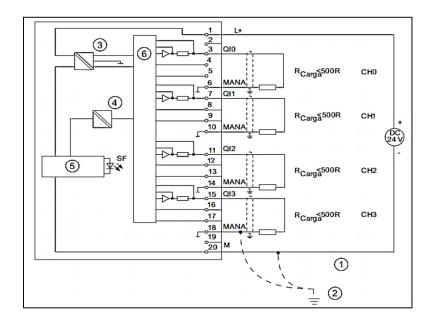


MÓDULO 4 X 12 BIT SALIDAS ANÁLOGAS (6ES7 332-5HD01-0AB0)

Propiedades

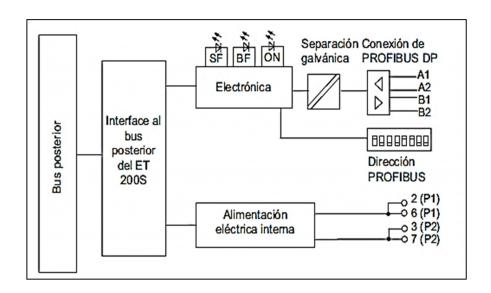
- ➤ 4 salidas en un grupo
- Las salidas se pueden seleccionar por cada canal como se indica a continuación:
 - Salida de tensión
 - Salida de intensidad
- Resolución 12 bits
- Diagnóstico parametrizable y alarma de diagnóstico
- ➤ Con separación galvánica respecto a la conexión del bus posterior y a la tensión de carga

Las salidas se pueden parametrizar y cablear como salidas de tensión o de intensidad, o bien desactivarlas. El módulo está ajustado por defecto al tipo de salida "Tensión" y al rango de salida " \pm 10 V".



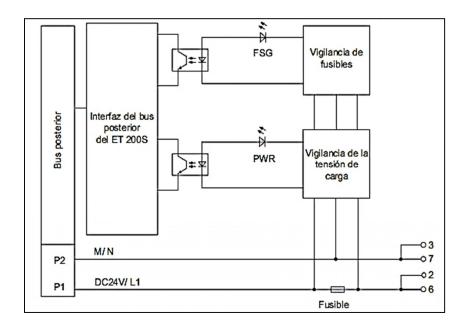
MÓDULO DE PERIFERIA DESCENTARLIZADA ET200S; IM151-1 (6ES7151-1AA05-0AB0)

- Conecta el ET 200S con PROFIBUS DP a través de la interfaz RS485.
- ➤ En SIMATIC S7 (en modo DPV1), los parámetros pueden tener una longitud máxima de240 bytes por slot.
- ➤ El área máxima de direccionamiento es de 244 bytes para entradas y 244 bytes para salidas.
- > Funcionamiento como esclavo DPV0 o DPV1
- ➤ Con el IM151-1 STANDARD se pueden utilizar como máximo 63 módulos.
- La longitud máxima del bus es de 2 m.
- Rango de temperatura de 0 a 55 °C en posición vertical.
- > Actualizar firmware vía PROFIBUS DP con STEP 7
- ➤ Datos identificativos (con DS248 ó DS255)
- ➤ El módulo de interfaz IM151-1 STANDARD (6ES7151-1AA05-0AB0) sustituye a los módulos de interfaz predecesores (6ES7151-1AA00-0AB0 a 6ES7151-1AA04-0AB0) de forma compatible.



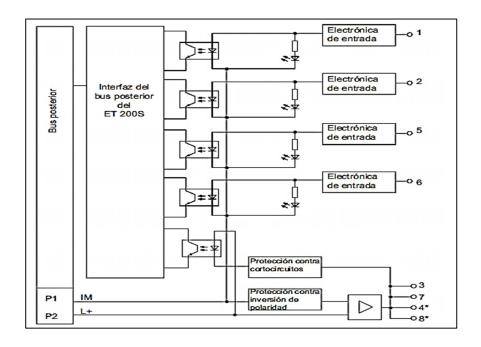
MÓDULO DE POTENCIA PARA ET200; PM-EDC24..48V/AC24..230V (6ES7138-4CB11-0AB0)

- Vigila la tensión de alimentación de todos los módulos electrónicos del grupo de potencial. La tensión de alimentación se suministra a través del módulo de terminales
- ➤ TM-P.
- Es de uso universal y se puede parametrizar con cualquier módulo electrónico para tensión de carga de corriente continua y alterna.
- ➤ Se requiere como mínimo una vez en el ET 200S (a la derecha del módulo de interfaz). Excepción: Estructura del ET 200S con un IM151-1 COMPACT
- ➤ Interfaz de control (PAA) y retroalimentación (PAE) en la imagen de proceso para la opción de configuración futura.
- ➤ El estado actual del módulo de potencia se almacena en la imagen de proceso de las entradas (PAE) a través del byte de estado. La actualización es independiente de la habilitación del diagnóstico "Falta tensión de carga".
- Está equipado además con un fusible sustituible (5 x 20 mm).



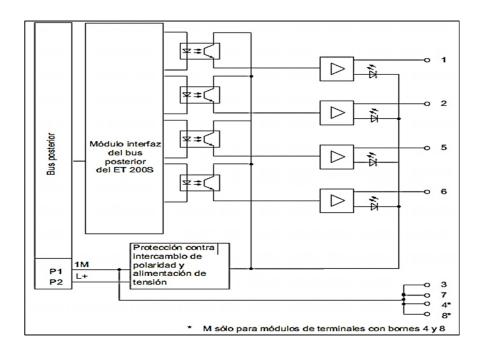
MÓDULO DIGITAL 4DI; DC24V HF (6ES7 131-4BD01-0AA0)

- Módulo electrónico digital con cuatro entradas
- Tensión nominal de entrada 24 V DC Diagnóstico: Cortocircuito
- Protección contra cortocircuitos
- ➤ Adecuado para interruptores y detectores de proximidad
- Compatible con modo isócrono
- ➤ Rango de temperatura ampliado de 0 a 55 °C en posición vertical



MÓDULO DIGITAL 4DO DC24V/2A ST (6ES7 132-4BD32-0AA0)

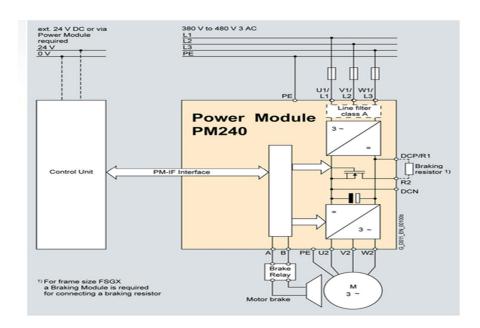
- Módulo electrónico digital con cuatro salidas
- > Intensidad de salida 2 A por salida
- > Tensión nominal de carga 24 V DC
- Protección contra cortocircuitos
- ➤ Adecuado para electroválvulas, contactores de corriente continua y lámparas de señalización
- > Rango de temperatura ampliado de 0 a 55 °C en posición vertical



SYNAMICS G120; 2,20KW 5,90A (6SL3224-0BE22-2UA0)

Características

- > SINAMICS G120 Módulo de potencia PM240 sin filtro
- ➤ Voltaje 380-480V +10 / -10%
- > 47-63Hz salida de alta sobrecarga:
- > 2,2 kW por 3s 57s 200%, 150%, 100% 240s
- ➤ Ambiente temperatura -10 a 50 ° c
- > FSB protección IP20 sin unidad de control



DATOS TÉCNICOS

Tensión de red 380 480 V 3 AC	Power Modules PM240
Sin filtro de red integrado	6SL3224-0BE22- 2UA0
Con filtro de red integrado de	6SL3224-0BE22- 2AA0
Intensidad de salida con 3 AC 400 V	

Tensión de red 380 480 V 3 AC		Power Modules PM240
Corriente nominal I nominal 1)	La	5,9
Base de corriente de carga $I_L^{(1)}$	La	5,9
Base de corriente de carga I H ²⁾	La	5,9
I máx	La	11,8
Potencia nominal		
basado en $I_{\rm L}$	kW (CV)	2.2 (3.0)
basado en I _H	kW (CV)	2.2 (3.0)
Calificación frecuencia de pulsos	kHz	4
Eficiencia η		0,95
Pérdida de potencia	kW	0,14
De aire de refrigeración	m^3/s	0,024
Nivel de presión acústica L _{pA} (1 m)	dB	<50
24 V DC para la Unidad de Control	La	1
Corriente nominal de entrada ³⁾		
con reactor de línea	La	6,1
sin bobina de	La	7,6
Max. longitud de cable de la resistencia de frenado	m	15
Conexión de red U1/L1, V1/L2, W1/L3		Terminales de tornillo
Sección del conductor	mm ²	1 6
Conexión del motor U2, V2, W2		Terminales de tornillo
Sección del conductor	mm ²	1 6
Conexión de circuito intermedio, conexión para la resistencia de frenado DCP/R1, DCN, R2		Terminales de tornillo

Tensión de red 380 480 V 3 AC		Power Modules PM240
Sección del conductor	mm ²	1 6
PE Conexión		En la caja con tornillo M5
Motor longitud del cable 4), máx.		
Blindado	m	50
Sin blindaje	m	100
Grado de protección		IP20
Dimensiones		
Ancho	mm	153
Altura	mm	270
Profundidad		
sin unidad de control	mm	165
con unidad de control	mm	230
Tamaño de bastidor		FSB
Peso, aprox.	kg	4

PANEL TÁCTILTP177B (6AV6642-0AA11-0AX1)

Diseño

- > 4,3 "TFT pantalla ancha con 256 colores o
- > STN de 5,7 "de pantalla con 256 colores o 4 tonos de azul
- ➤ LED o CCFL1) Luz de fondo con una larga vida útil
- > Pantalla táctil resistiva analógica
- Numérica y alfanumérica del teclado en pantalla
- ➤ Alto rendimiento gracias al procesador RISC y memoria de 2 MB usuario, más una memoria de recetas integrada adicional
- ➤ Los datos en el búfer de avisos se conservan incluso cuando éste se desconecta de la red eléctrica, sin baterías
- ➤ MPI, PROFIBUS DP (hasta 12 MBaudios) y USB 1.1 (máx. 100 mA) a bordo
- ➤ Interfaz PROFINET ya está a bordo en las versiones de color
- ➤ La configuración de la 6 "versión con SIMATIC WinCC flexible 2005 Compact o superior, el 4" versión de WinCC flexible 2008 Compact
- Completa biblioteca de gráficos Reichert
- Ranura para tarjeta multimedia, se puede utilizar para MMCs estándar (para la copia de seguridad / restauración de registros de recetas, los datos de configuración y del sistema)
- ➤ El 4 "versión también es compatible con tarjetas SD y memorias USB, además de tarjetas multimedia
- Mantenimiento sencillo gracias a diseño libre de mantenimiento y larga vida útil de la retroiluminación

Beneficios

Reducción de los costes de servicio y puesta en marcha a través de:

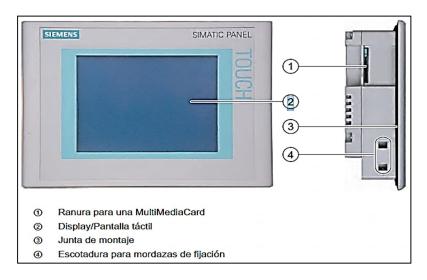
- Backup / Restore a través de una interfaz de proceso u opcionalmente a través de una tarjeta multimedia (también es posible utilizar una memoria USB de 4 "del panel)
- Imagen y descarga de la configuración a través de todas las interfaces del dispositivo
- Los datos en el búfer de avisos se conservan incluso cuando el panel está desconectado de la alimentación, sin batería de respaldo.

> Puede ser utilizado en todo el mundo:

- 32 idiomas configurables (incl. ideogramas asiáticos y caracteres cirílicos)
- Cambiar el idioma en pantalla directamente en el dispositivo

Las interfaces estándar para aumentar la flexibilidad:

- Multi Media Card externa, puede ser utilizado para registros de recetas y para copia de seguridad de datos de configuración / instalación (en el 4 "del panel, esto también es posible utilizar un dispositivo USB)
- > Interfaz USB integrada para conectar, por ejemplo, las impresoras estándar
- ➤ Incremento de la productividad, minimización de la ingeniería, reduce los costos de ciclo de vida



ANEXO # 6

PROGRAMACION S7-300