



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
UTILIZANDO RETROFIT EN UNA MÁQUINA INDUSTRIAL CORTADORA DE MÁRMOL EN
LA EMPRESA PIEDRAS DE GUATEMALA**

José Yancarlo Alonzo

Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, octubre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
UTILIZANDO RETROFIT EN UNA MÁQUINA INDUSTRIAL CORTADORA DE MÁRMOL EN
LA EMPRESA PIEDRAS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSE YANCARLO ALONZO

ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
UTILIZANDO RETROFIT EN UNA MÁQUINA INDUSTRIAL CORTADORA DE MÁRMOL EN
LA EMPRESA PIEDRAS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 1 de septiembre de 2022.

José Yancarlo Alonzo

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 17 de agosto de 2023.
REF.EPS.DOC.353.08.2023.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Yancarlo Alonzo** de la Carrera de Ingeniería Electrónica, Registro Académico No. **201113847** y CUI **1747 06413 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL UTILIZANDO RETROFIT EN UNA MAQUINA INDUSTRIAL CORTADORA DE MÁRMOL EN LA EMPRESA PIEDRAS DE GUATEMALA”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería
Área de Ingeniería Eléctrica

c.c. Archivo
KIER/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala 17 de agosto de 2023.
REF.EPS.D.255.08.2023.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL UTILIZANDO RETROFIT EN UNA MAQUINA INDUSTRIAL CORTADORA DE MÁRMOL EN LA EMPRESA PIEDRAS DE GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **José Yancarlo Alonzo**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

/ra

REF. EIME 41.2023.

El director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del director de EPS, del Asesor, con el Visto Bueno del coordinador de área, al Informe final de EPS del estudiante José Yancarlo Alonzo: **"REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL UTILIZANDO RETROFIT EN UNA MAQUINA INDUSTRIAL CORTADORA DE MÁRMOL EN LA EMPRESA PIEDRAS DE GUATEMALA "**, procede a la autorización correspondiente.



Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo

Guatemala, 29 de agosto de 2023.

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.719.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL UTILIZANDO RETROFIT EN UNA MÁQUINA INDUSTRIAL CORTADORA DE MÁRMOL EN LA EMPRESA PIEDRAS DE GUATEMALA**, presentado por: **José Yancarlo Alonzo**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO a.i.
Facultad de Ingeniería

Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, octubre de 2023

JFGR/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

**Dios, el Dios de
Abraham, Isaac y Jacob**

Por estar conmigo durante toda mi vida, por ayudarme en el camino de aprendizaje y darme su bendición.

Mi familia

Por apoyarme en todas las decisiones que he tomado y darme sus consejos.

Amigos

Por estar en todos los momentos buenos y malos de la vida, por orientarme en la toda de las decisiones importantes de esta carrera y de la vida.

AGRADECIMIENTOS A:

El Dios de Abraham, de Isaac y de Jacob, que también es mi Dios

Por tener misericordia de mi vida y darme su bendición para poder vivir en sus caminos.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por permitirme tener la experiencia de estudiar en tan prestigioso lugar.

La casa del estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por abrir sus puertas y darme un espacio habitacional.

Facultad de Ingeniería

Por permitirme ser parte de esta hermosa institución.

Catedráticos

Maestros que aportaron a mi persona parte de su conocimiento y experiencias, para realizar un trabajo con excelencia.

Amigos

Por formar parte de mi vida, tanto en la formación académica como en el ámbito personal.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1. Generalidades de la empresa Piedras de Guatemala S. A.....	1
1.2. Visión	1
1.3. Misión.....	2
1.4. Objetivos de la empresa Piedras de Guatemala.....	2
1.5. Estructura de la empresa.....	3
1.6. Organigrama de la empresa	3
1.7. Funciones.....	5
1.8. Áreas que conforman la empresa.....	6
2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES	9
2.1. La maquinaria Industrial y sus tipos	9
2.1.1. Breve historia de la maquinaria industrial.....	9
2.1.2. La maquinaria industrial y sus tipos	12
2.1.3. Utilización de la maquinaria industrial	13
2.1.4. La importancia de la maquinaria industrial.....	13
2.1.5. La importancia del mantenimiento de la maquinaria industrial.....	15

2.1.6.	Beneficios del mantenimiento de la maquinaria industrial.....	17
2.1.7.	Evolución de la maquinaria industrial.....	18
2.1.8.	El futuro de la maquinaria industrial	21
2.2.	Maquina corta bloques Pedrini M580	23
2.2.1.	Generalidades de la máquina corta bloques Pedrini M580.....	24
2.2.2.	Mármol	25
2.3.	Tipos de energía para el mando	27
2.3.1.	Automatización mecánica.....	27
2.3.2.	Automatización neumática.....	29
2.3.3.	Automatización hidráulica.....	30
2.3.4.	Automatización eléctrica.....	31
2.3.5.	Automatización electrónica.....	32
2.4.	Elementos que componen la corta bloques de mármol Pedrini M 580.....	34
2.4.1.	Tablero eléctrico (Potencia).....	34
2.4.2.	Tablero de control (VDC).....	34
2.4.3.	Cuatro columnas de metal que contienen tornillos Sinfín.....	35
2.4.4.	Dos vigas de carga	36
2.4.5.	El puente de carga.....	36
2.4.6.	Sistema hidráulico para avance y retroceso de corte	36
2.4.7.	Sistema hidráulico de enfriamiento del corte	37
2.5.	Sistema de potencia, tablero eléctrico.....	37
2.5.1.	Dispositivos internos del tablero eléctrico	37
2.5.2.	Disyuntor.....	37
2.5.3.	Interruptor de control de potencia	39

2.5.4.	Interruptor general automático	39
2.5.5.	Interruptor diferencial.....	39
2.5.6.	Protector contra sobretensiones.....	39
2.5.7.	Pequeños interruptores automáticos.....	39
2.5.8.	Sistema del panel de control	40
2.5.8.1.	Dispositivos internos del tablero de control	40
2.5.8.2.	Dispositivos de un tablero de control ...	41
2.5.8.3.	Tablero de fuerza y control.....	42
2.5.9.	Controlador Lógico Programable PLC.....	42
2.5.9.1.	Relé	43
2.5.9.2.	Relé térmico.....	44
2.5.9.3.	Contactador	45
2.5.9.3.1.	Componentes del contactador.....	46
2.5.9.3.2.	Contactos principales ...	46
2.5.9.3.3.	Contactos auxiliares	47
2.5.9.3.4.	Bobina	47
2.5.9.3.5.	Armadura	47
2.5.9.3.6.	Núcleo	47
2.5.9.3.7.	Resorte.....	47
2.5.9.4.	Variador de velocidad	48
2.5.9.5.	Componentes eléctricos y electrónicos en los tableros de control	49
2.5.9.6.	Fuente de alimentación	52
2.5.9.7.	PLC, definición y principales características	53

2.5.9.7.1.	Breve historia de los PLCs	55
2.5.9.7.2.	Estructura general de los PLCs.....	60
2.5.9.7.3.	Componentes del hardware de un PLC.....	63
2.5.9.7.4.	Tipos de PLCs	64
2.5.9.7.5.	PLC de arquitectura maestro-esclavo	68
2.5.9.7.6.	Tipos de señales utilizadas por los PLCs	70
2.5.9.7.7.	Principio de funcionamiento de un PLC	71
2.5.9.7.8.	Programación para desarrollar un PLC Delta.....	73
2.5.9.8.	Simbología y referenciado de Bornes ..	74
2.5.9.9.	Sensores	75
2.5.9.9.1.	Sensores fotoeléctricos.....	75
2.5.9.9.2.	Tipo de material a ser censado.....	76
2.5.9.9.3.	Alcance del sensor.....	77
2.5.9.9.4.	Sensibilidad del sensor	77
2.5.9.9.5.	Otros sensores	77
2.6.	Los actuadores en la industria.....	80

2.6.1.	Definición de actuador industrial y cómo funcionan	80
2.6.2.	Función de los actuadores.....	81
2.6.3.	Los tipos de actuadores más utilizados en la industria	81
2.6.3.1.	Actuadores por el movimiento que producen.....	82
2.6.3.2.	Actuadores por la fuente de energía que utilizan	83
2.6.3.3.	Programación del sistema de la maquina corta bloques.....	85
2.6.3.4.	Principios básicos de la automatización	86
2.6.3.5.	Sistemas cableados, sistemas programados: tipología y características	89
2.6.3.6.	Micro procesador.....	90
2.6.3.7.	Microordenadores.....	90
3.	DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA MÁQUINA.....	93
3.1.	Generalidades de la máquina corta bloques Pedrini M580.....	93
3.2.	Acometida eléctrica.....	93
3.3.	Cableado eléctrico	94
3.4.	Disyuntor	94
3.5.	Guarda motores	95
3.6.	Contactores.....	96
3.7.	Tarjeta de control	98
3.8.	Controlador y programador.....	99
3.9.	Motores eléctricos.....	100

3.10.	Conectores y terminales	101
3.11.	Variadores de velocidad	101
3.12.	Mantenimiento preventivo.....	103
4.	DAÑO DE PIEZAS MECÁNICAS	105
4.1.	Fajas	105
4.2.	Piñones	105
4.3.	Coronas	106
4.4.	Tornillo sinfín.....	107
4.5.	Lubricación y engrase.....	108
4.6.	Mantenimiento preventivo a cajas reductoras.....	110
4.7.	Mantenimiento de los motores eléctricos	111
4.8.	Pruebas eléctricas	112
4.9.	Inspección visual.....	113
4.10.	Lubricación.....	113
4.11.	Revisión y ajuste de conexiones y terminales.....	114
4.12.	Limpieza interna y externa de la máquina.....	115
5.	METODOLOGÍA PROPUESTA PARA APLICAR EL RETROFITTING	117
5.1.	Implementación de un PLC	117
5.2.	Determinar el proceso de automatización	118
5.3.	Selección de componentes.....	120
5.4.	Instalación y configuración de componentes	122
5.5.	Configuración del software	123
5.6.	Pruebas y ajustes	123
6.	ANÁLISIS COMPARATIVO	125
6.1.	Sistema de control	125

6.1.1.	Situación antes del retrofitting de la máquina corta bloques Pedrini M 580	125
6.1.2.	Situación después de realizar el retrofitting a la máquina corta bloques Pedrini M 580	126
6.2.	Mejora de la eficiencia de la producción	127
6.2.1.	Disminución de los tiempos de paro.....	128
6.2.2.	Datos en tiempo real.....	129
6.2.3.	Mayor visibilidad de los procesos para la toma de decisiones	130
7.	ANÁLISIS FINANCIERO.....	133
7.1.	Indicadores de OEE	135
7.2.	Implementación.....	137
7.3.	Aumento de la eficiencia.....	138
7.4.	Mejora de la calidad.....	139
7.5.	Reducción de costos.....	140
7.6.	Flexibilidad	141
8.	MANUAL BÁSICO DE USUARIO DE LA CORTA BLOQUES DE MARMOL PEDRINI M 580.....	143
8.1.	Generalidades de la máquina.....	143
8.2.	Funcionamiento u operación de la corta bloques modo manual para realizar corte	144
8.3.	Arranque motor principal.....	146
8.4.	Identificación de los botones del equipo.....	147
8.5.	Pruebas básicas de funcionamiento de la corta bloques Pedrini M 580	148
8.6.	Panel de control automático	149
8.7.	Pantalla de operación	150

8.8.	Razones por las cuales la máquina se detendrá de manera instantánea y el ciclo reiniciará.....	153
8.9.	Pantalla de configuración	154
8.10.	Pantallas de entradas y salidas del PLC	158
8.11.	Pantalla de alarmas	160
9.	MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	163
9.1.	Mantenimiento preventivo de partes mecánicas	164
9.2.	Mantenimiento de partes eléctricas	167
9.3.	Mantenimiento preventivo de un sistema hidráulico	168
9.4.	Mantenimiento preventivo de un motor eléctrico.....	169
	CONCLUSIONES.....	171
	RECOMENDACIONES	173
	REFERENCIAS	175
	APÉNDICE	177
	ANEXO	181

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Estructura organizacional.....	4
Figura 2.	Ubicación de Mármoles y Granitos de Centroamérica, S.A.....	8
Figura 3.	a – Máquina automática mecánica; b- Máquina automática eléctrica	28
Figura 4.	Automatismo neumático	30
Figura 5.	Automatismo eléctrico	32
Figura 6.	Disyuntor.....	38
Figura 7.	Vista interna del tablero de control	41
Figura 8.	PLC	43
Figura 9.	Relé térmico.....	45
Figura 10.	Contactador	46
Figura 11.	Variador de Velocidad.....	48
Figura 12.	Guarda motores.....	52
Figura 13.	Fuente de alimentación	53
Figura 14.	Diagrama con la historia de avance de los PLC s	59
Figura 15.	Estructura de un PLC	60
Figura 16.	Módulo de un PLC.....	63
Figura 17.	Sistema multiprocesos especializado	69
Figura 18.	Encoder	79
Figura 19.	Tecnologías empleadas en la automatización	89
Figura 20.	Tablero electro en condición inicial	94
Figura 21.	Fusibles del sistema de potencia	95
Figura 22.	Guarda motores antiguos del sistema.....	96

Figura 23.	Contactores antiguos del sistema	97
Figura 24.	Panel de control automático.....	97
Figura 25.	Tarjeta antigua del programador y contador	98
Figura 26.	Tarjeta de control.....	99
Figura 27.	Motor de corte vertical.....	100
Figura 28.	Conectores y terminales.....	101
Figura 29.	Variadores de velocidad del sistema antiguo	102
Figura 30.	Piñones dañados.....	106
Figura 31.	Coronas en revisión y mantenimiento	107
Figura 32.	Diagrama de partes básicas de engrase	109
Figura 33.	Revisión y mantenimiento de motores eléctricos.....	113
Figura 34.	Motores a lubricar.....	114
Figura 35.	Revisión y ajuste de conexiones y terminales	114
Figura 36.	Revisión y mantenimiento de cableado	115
Figura 37.	Limpieza de la máquina completa.....	116
Figura 38.	Paneles de control automático y manual	144
Figura 39.	Partes básicas del puente de corte.....	146
Figura 40.	Panel de control manual.....	147
Figura 41.	Panel de control automático.....	150
Figura 42.	Pantalla de operación.....	154
Figura 43.	Pantalla de configuración para el corte.....	155
Figura 44.	Pantalla de configuración avanzada	157
Figura 45.	Entradas y salidas del PLC	158
Figura 46.	Salidas de PLC.....	159
Figura 47.	Alarmas de PLC	160
Figura 48.	Diagrama para lubricación	166

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
b	bit
B	Byte
DC	Corriente continua
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
°	Grados sexagesimales
Hz	Hertz
KHz	Kilo-Hertz
Km/h	Kilómetros por hora
m/s	Metro por segundo
mA	Miliamperio
mm	Milímetro
ms	Milisegundo
T	Temperatura
V	Volt
Vcc	Voltaje de alimentación
Vin	Voltaje de entrada
Vo	Voltaje de salida

GLOSARIO

Aplicación	Un programa que incluye datos de configuración, símbolos y documentación.
Aplicación de arranque	El archivo binario que contiene la aplicación. Normalmente está guardada en el controlador y permite que este arranque en la aplicación generada por el usuario.
Boque de funciones	Una unidad de programación que dispone de una o varias entradas y devuelve una o varias salidas. Los FBs se llaman mediante una instancia (copia del bloque de funciones con nombre y variables dedicados), y todas las instancias tienen un estado persistente (salidas y variables internas), de una llamada a otra.

RESUMEN

El retrofitting industrial se refiere a la actualización o mejoras de maquinarias y sistemas industriales existentes para desarrollar su eficiencia, rendimiento y seguridad.

Estas prácticas se utilizan para extender la vida útil de los equipos, reducir costos de energía y mejoras ambientales. Un buen proceso de retrofitting industrial puede incluir la instalación de componentes más eficientes, la actualización de PLCs y sistemas de control, la mejora de la ergonomía y seguridad en el lugar de trabajo, y la integración de tecnologías más avanzadas.

Es una práctica importante para mejorar la competitividad y sostenibilidad de las empresas industriales.

Específicamente en la corta bloques Pedrini M580 es un proceso de actualización y modernización, para mejorar su eficiencia y capacidad de producción. Se realizan cambios en los sistemas de control, la electrónica, la hidráulica y el sistema de corte para lograr un rendimiento óptimo.

Se instalan componentes tecnológicamente avanzados, como el PLC, los sensores de alta precisión y pantalla táctil (HMI), para facilitar la operación y el monitoreo de la máquina haciendo que esta sea más eficiente, segura y efectiva, lo que aumenta su vida útil y mejora la calidad de los cortes a realizar.

OBJETIVOS

General

Rediseñar e implementar la migración de un sistema de control utilizando retrofitting en una maquina industrial cortadora de mármol en la empresa Piedras de Guatemala.

Específicos

1. Migrar una máquina industrial de los años ochenta, realizándole un Retrofitting, haciendo que funcione con principios básicos de industria moderna o también conocida como industria 4.0.
2. Automatizar los procesos de corte del mármol para diferentes medias.
3. Instalar sistemas integrados con tecnología innovadora utilizada en el campo de la automatización industrial de procesos.
4. Registrar el cambio parcial por desgaste físico y mecánico de dispositivos eléctricos.
5. Integrar un variador de velocidad en el sistema de la máquina corta bloque controlado por un PLC para visualizar la velocidad del avance y retroceso del disco de corte.

6. Contabilizar el tiempo de uso de la máquina, como también las horas que esta se mantiene detenida por diferentes razones.
7. Colocar sensores para realizar el control de las etapas del corte de la producción las cuales son posicionamiento vertical, horizontal y avance.

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo es el anteproyecto del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), trata sobre la adaptación aplicada de la nueva tecnología en el uso de la automatización industrial de dispositivos eléctricos y electrónicos (RETROFIT), es un estudio para la optimización que brinda este servicio a la industria. Tomando en cuenta que los procesos de producción dependen en gran parte a la activación de los dispositivos de manera automática por la rapidez y precisión a la que estos se deben de realizar. Sin embargo, la vida útil de estos equipos y maquinaria es de veinte años o más, lo que significa que utilizan dispositivos electromecánicos que son anteriores a la nueva tecnología, así como el internet de las cosas (IoT) y la industria 4.0.

A medida que las tecnologías avanzan y las maquinas envejecen los usuarios se enfrentan a menudo a la pregunta: ¿debo comprar una máquina nueva o readaptar y reacondicionar la que ya tengo?

Todas las empresas se esfuerzan por maximizar el valor de su maquinaria industrial, lo que se puede suponer un reto, porque están diseñadas para una larga vida útil, en algunos casos hasta de 30 años, y las tecnologías de fabricación pueden cambiar de forma relevante en pocos años.

Para obtener el máximo rendimiento de la inversión los usuarios deberán planificar la compra propuesta versus una solución por medio de retrofitting (adaptación), de la máquina.

En definitiva, los retrofittings son una oportunidad para que los usuarios de maquinaria de producción actualicen sus máquinas industriales para mejorar el rendimiento, añadir aplicaciones y aumentar la seguridad, todo ello sin tener que comprar una máquina nueva.

Una reconstrucción suele significar que se cambian los componentes principales y algunos menores de una máquina, lo que da lugar a una máquina renovada que funciona como si fuera nueva.

El desarrollo de este proyecto consistirá en la realización de los cambios necesario en la máquina para poder utilizarla de una manera más rápida y eficiente de forma automatizada, esto se llevará a cabo cambiando la electrónica analógica que en su tiempo era de mucha importancia, se está hablando de los años 1980, y llevarla a una electrónica digital moderna. Una de las razones es que muchos de los dispositivos eléctricos que utiliza la máquina en su forma original, ya se encuentran discontinuados y es muy complicado el poder ubicarlo en el mercado e incluso algunos ya ni se encuentran.

Con esta implementación se logrará una mejor eficiencia en los tiempos de corte del mármol, como también la exactitud de las medidas del corte.

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Generalidades de la empresa Piedras de Guatemala S. A.

En 1950 fue fundada la compañía en Guatemala por Francisco Sánchez. Mármol y Granitos de Centroamérica, S.A. (MAGACSA), es una empresa que cuenta con una sólida capacidad industrial en la extracción, corte y procesamiento de principio a fin del mármol guatemalteco en diversas tonalidades que ofrecen más de diez canteras alrededor del país donde se extrae diferentes colores y se ofrece en planchas o en una amplia gama de producto terminados. Actualmente llamada Piedras de Guatemala (PDG).

La empresa cuenta con una capacidad de 150 trabajadores distribuidos; básicamente en tres plantas industriales. La parte de producción que se dedican al procesamiento de todo tipo de acabados en piedras naturales como Quarzo, Granito, Mármol, Pizarra, Coralina, entre otros. Cuenta con más de 60 años de experiencia realizando todo tipo de proyectos como lo son tops de cocina, tops de escritorios, tops de mesas, tops de mostradores, tops de baño, pisos, paredes, entre otros.

1.2. Visión

“Ser reconocida a Nivel Mundial como la Empresa de Mármol más Competitiva del mercado, comprometida en alcanzar un crecimiento y beneficio sostenible” (Piedras de Guatemala S.A., 1965, p. 1).

1.3. Misión

Fortalecer al mundo con la calidad de los Exclusivos Mármoles de Guatemala que por muchos años han sido reconocidos como únicos en el mercado de las Piedras Naturales, ocupándonos constantemente por la excelencia y calidad de todos nuestros servicios; enfocados en satisfacer las expectativas de cada cliente. (Piedras de Guatemala S.A., 1965, p. 2)

1.4. Objetivos de la empresa Piedras de Guatemala

El objetivo general para la empresa Piedras de Guatemala (1965) es: “ser la empresa líder en procesamiento y distribución de mármol a nivel de Centroamérica y el Caribe” (p. 2).

Los objetivos específicos de la empresa son:

- Promover el uso de piedras naturales de la más alta calidad.
- Cumplir con las exigencias y la calidad que exigen nuestros clientes, tanto a nivel nacional como internacional.
- Procesar material 100 % natural a precios accesible dentro del mercado.
- Promover el mármol guatemalteco fuera de América central.

- Contar con el portafolio más amplio de tipos de piedras naturales de la región. (Piedras de Guatemala S.A., 1965, p. 3)

1.5. Estructura de la empresa

La estructura organizacional es una disposición intencional de roles, en la que cada persona asume un papel que se espera que cumpla con el mayor rendimiento posible. La finalidad de una estructura organizacional es establecer un sistema de papeles que han de desarrollar los miembros de una entidad para trabajar juntos de forma óptima y que se alcancen las metas fijadas en la planificación.

Dentro de la empresa se maneja una estructura funcional la cual se refiere a una organización donde los miembros del equipo trabajan para un departamento y pueden ser prestados para un proyecto de vez en cuando.

1.6. Organigrama de la empresa

Un organigrama es un esquema organizacional que representa gráficamente la estructura interna de una empresa.

El organigrama que se utiliza en la empresa es jerárquico, siendo este uno de los más comunes en una empresa, muestra el nivel de autoridad de mayor a menor en un diseño piramidal.

A continuación, se muestra el organigrama de la empresa:

1.7. Funciones

Piedras de Guatemala (PDG), es una marmolera que se encarga de la compra, procesamiento y distribución del mármol a nivel de América Central.

Con acceso a más de 10 canteras dentro del País, tiene la capacidad de poder seleccionar los mejores mármoles guatemaltecos en formato de bloques para luego procesar esa materia prima en sus instalaciones.

Se manejan en general cuatro colores nacionales que se comercializan en el país y en el exterior, siendo estos el Beige Guatemala, el Blanco Alejandra, el Verde Saltan y el Gris San Lorenzo.

La empresa también incursiona en el mercado de los mármoles y granitos provenientes de otros países para poder tener un portafolio mucho más amplio y brindarles a sus clientes mejores opciones.

En su procesamiento, la empresa es encargada de transformar la materia prima inicial que son bloques de mármol o planchas exportadas, en productos al gusto del cliente que van desde lápidas de mármol y tops de mesas hasta lavamanos y baldosas para decorar cualquier tipo de interiores.

Como una de sus últimas funciones, se tiene el servicio e instalación al cliente, ya que la empresa se encarga de gestionar transportes e instalaciones en los espacios físicos que se necesiten.

1.8. Áreas que conforman la empresa

La estructura organizacional se refiere a un conjunto de departamentos que trabajan alineados a los objetivos de una organización. A continuación, se describen los departamentos de la empresa:

- Finanzas: conjunto de técnicas que se utilizan para registrar la información cuantitativa expresada en unidades monetarias de las transacciones que realiza una entidad económica, con objeto de facilitar a los diversos interesados el tomar decisiones en relación con dicha entidad económica. Este departamento está conformado por el área de compras, tesorería y las diferentes ramas de la contabilidad.
- Producción: área de la empresa a cargo de la transformación de materias primas en productos finales. Esta área se conforma por los encargados de producción de las diferentes plantas, operarios y ayudantes de producción, el área de mantenimiento y el área correspondiente a temas de logística.
- Comercial: incluye las actividades de marketing para conocer las necesidades del mercado, determinar productos y servicios que satisfacen las necesidades de los consumidores potenciales, fijar precios, promover y distribuirlos. Este departamento está conformado por un equipo de vendedores, personal de atención al cliente y encargados de instalación y servicios.
- Recursos Humanos: se encargan de todo tipo de trámite burocrático y administrativo y las actividades de gestión humana como reclutamiento y gestión de personal. Esta área se conforma por las personas que se

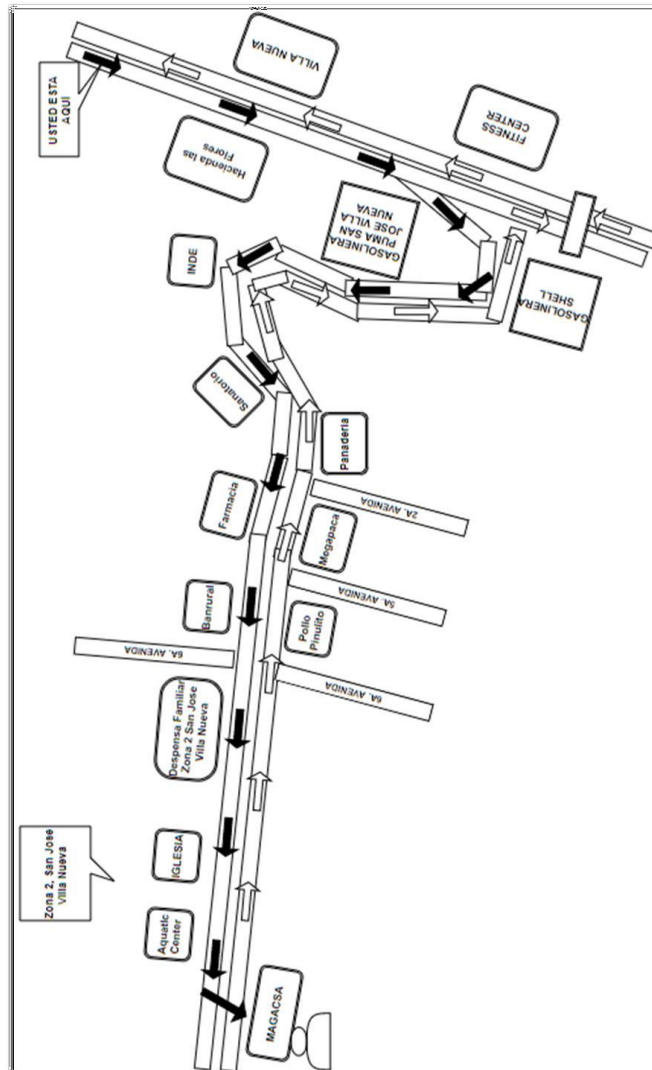
encuentran en la recepción y la coordinadora de recurso humano.

- Dirección General: son los altos ejecutivos responsables de las operaciones que lleva a cabo la empresa. Aseguran el buen funcionamiento y el clima organizacional. Esta área se compone de gerente general, comercial y financiero, los cuales en conjunto lideran la toma de decisiones de los distintos departamentos.

A continuación, se muestra un croquis con la ubicación de la empresa:

Figura 2.

Ubicación de Mármoles y Granitos de Centroamérica, S.A.



Nota. Croquis que muestra la ubicación de la empresa. Elaboración propia, realizado con Visio.

2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

2.1. La maquinaria Industrial y sus tipos

Según Logicbus S.A. (2019), las mejoras y la expansión de la maquinaria industrial han tenido un gran impacto en la productividad de la industria manufacturera desde la revolución industrial. El impacto ha sido tanto directo como indirecto.

El impacto directo consiste en el aumento de la productividad de la mano de obra gracias a la utilización de máquinas más rápidas, más precisas y más mecanizadas, y en el aumento de la productividad del capital gracias a los mayores índices de funcionamiento, la mayor fiabilidad y los mayores índices de utilización.

El impacto indirecto se debe a que el uso de máquinas-herramienta nuevas o mejoradas ha necesitado o facilitado cambios organizativos que afectan a la mano de obra, el capital, las materias primas y la energía.

En este estudio se conocerá con todo detalle el impacto de la maquinaria industrial desde su nacimiento hasta tiempos actuales, sin dejar de lado su evolución y su papel principal en una industria cada día más conectada.

2.1.1. Breve historia de la maquinaria industrial

En principio la fabricación comenzó con seis máquinas simples: palanca, rueda y eje, plano inclinado, cuña, polea y tornillo. Es cierto que se tardó varios

cientos de años en pasar de la palanca al tornillo, pero estas seis máquinas empezaron a facilitar el trabajo manual y a aumentar la productividad humana.

La maquinaria actual procede de las innovaciones de la Revolución Industrial generadas a principios del siglo XVIII. Un invento histórico que demostró el uso masivo de las máquinas en la sociedad es la máquina de vapor.

Las máquinas de vapor proporcionan una enorme potencia y, a diferencia de los caballos que las precedieron, no necesitaban comida ni descanso. La máquina de vapor también transformó el transporte de mercancías cuando, a principios del siglo XIX, se inventó el primer barco de vapor.

Antes de la Revolución Industrial, los artesanos fabricaban la mayoría de los artículos a mano según las necesidades y los transportaban en carretas si no los utilizaban en el lugar. Después, los trabajadores de las fábricas producían artículos a granel y los transportaban por todo el mundo.

Hay que echar un vistazo a los inventos del pasado. Antes del siglo XIX, la producción de productos agrícolas, como el trigo y el maíz, estaba muy limitada por los aparatos agrícolas de que disponían los agricultores, que consistían sobre todo en dispositivos de tracción animal.

Sin embargo, el negocio agrícola experimentó un gran cambio en la producción con la invención de la cosechadora hacia la década de 1830.

Estas ingeniosas máquinas eran capaces de cortar los tallos de los cereales y, al mismo tiempo, separar el grano de la paja, lo que redujo en mucho la cantidad de tiempo y de equipos necesarios para cosechar los productos.

El ritmo de recolección y envío de grano a nivel nacional aumentó exponencialmente y la industria agrícola se revolucionó para siempre con su creación.

Pronto, la industria agrícola comercial estuvo dominada por la cosechadora y las granjas de todo el país estaban repletas de ellas.

Logicbus S.A. (2019), indica que algunas de las primeras industrias afectadas fueron el sector textil, minero, del vidrio y agrícola. La rueda de hilar y el telar impulsaron el algodón por encima de la lana como material principal en la fabricación de prendas de vestir, acortando tanto el tiempo de producción real como los ciclos de crecimiento a largo plazo, ya que los agricultores podían plantar y cosechar el algodón mucho más rápido de lo que las ovejas podían desarrollar la lana.

Otro concepto importante de la Revolución Industrial que aumentó la productividad de la maquinaria y redujo el tiempo de inactividad fue el de las piezas intercambiables.

A finales del siglo XVIII, Honoré Blanc descubrió que podía sustituir con facilidad las piezas rotas de su maquinaria si utilizaba piezas uniformes.

La fabricación en serie se introdujo en Estados Unidos adaptando la idea de la desmontadora de algodón a la fabricación de mosquetes del ejército del ejército estadounidense.

Desde la simple palanca con la que se maneja el equipo hasta las piezas estandarizadas que se utilizan para su reparación, gran parte del impulso para la

mejora de la maquinaria tenía que ver con la disminución del trabajo manual y el aumento de la productividad.

Por supuesto, a medida que las máquinas se hacían más complejas, el mantenimiento y la reparación también se hacían cada vez más costoso y difícil.

2.1.2. La maquinaria industrial y sus tipos

La maquinaria industrial se define como las máquinas y equipos utilizados por un fabricante en una planta de manufactura. Otro concepto de la maquinaria es cualquier dispositivo mecánico, eléctrico o electrónico diseñado y utilizado para realizar alguna función y producir un determinado producto.

Se considera parte de la maquinaria cualquier complemento o accesorio necesario para que la unidad básica cumpla su función prevista.

El término incluye también todos los dispositivos utilizados o necesarios para controlar, regular o hacer funcionar una máquina, siempre que dichos dispositivos estén conectados con la máquina o sean parte integrante de ella y se utilicen para controlar, regular o hacer funcionar la máquina.

Los troqueles, matrices, herramientas y otros dispositivos necesarios para el funcionamiento o utilizados junto con el funcionamiento de lo que por norma general se consideraría maquinaria también se consideran maquinaria industrial.

La maquinaria no incluye los edificios diseñados para albergar la maquinaria. Del mismo modo los sistemas de calefacción y aire acondicionado no se consideran maquinaria y equipos industriales, a menos que la única

justificación de su instalación sea satisfacer los requisitos del proceso de producción.

2.1.3. Utilización de la maquinaria industrial

El diseño, la fabricación y el uso de la maquinaria profesional industrial han cambiado de forma significativa en los últimos 50 años con nuevos diseños, simulaciones y visualizaciones, así como con la automatización que mejora la calidad del producto, ahorra tiempo, reduce los gastos y aumenta el rendimiento.

Otro gran cambio en la maquinaria industrial es que hoy en día se diseña y produce en todo el mundo. Por ejemplo, los centros de fabricación tradicionales, como Estados Unidos, Alemania y Japón, están ahora en dura competencia con Corea del Sur, India y Filipinas.

En definitiva, Logicbus S. A. (2019), indica que las máquinas industriales se utilizan en la agricultura, en las cadenas de montaje, por los robots industriales, y en las refinerías de petróleo, en el envasado y etiquetado, las fábricas de papel, los aserraderos y las fundiciones, entre otros muchos más usos.

2.1.4. La importancia de la maquinaria industrial

En el mundo moderno de hoy, las máquinas desempeñan un papel fundamental para garantizar la rapidez de una serie de actividades. En la mayoría de las industrias, encontrarás que la maquinaria ha sustituido totalmente a la mano de obra humana. El campo industrial se ha enfrentado a un tremendo desarrollo y hay mucha dependencia de la tecnología.

Con el avance masivo de la tecnología, hay una menor necesidad de trabajos manuales. Según las estadísticas, el deseo de realizar trabajos manuales ha disminuido de forma significativa. Las máquinas están invadiendo estas industrias, dejando de lado a los humanos.

Es importante señalar que la compra de máquinas puede ser una forma eficaz de innovar en el negocio, siempre que el empresario haga una planificación previa. Esto significa que, además de la maquinaria, es necesario evaluar el área disponible en la fábrica y el dinero que se gastará en el mantenimiento de los equipos.

Además, como empresario, debes ser consciente de que tus empleados deben pasar por un periodo de formación para garantizar el buen uso de la máquina adquirida.

También es necesario evaluar el rendimiento de la maquinaria si se utiliza para realizar las actividades principales de la empresa. En realidad, la innovación sólo se produce cuando el cambio adoptado por el empresario genera beneficios.

Por lo tanto, no te dejes encantar por el diseño moderno de la unidad. Asegúrate de que esta compra aportará beneficios a tu negocio.

La adaptación de la tecnología avanzada es esencial en las empresas, pero eso no significa que la empresa deba seguir por fuerza el ritmo de los lanzamientos del mercado.

Considerar la instalación de una máquina no es una tarea fácil, porque requiere una evaluación cuidadosa de la disponibilidad de financiación de la empresa y de la eficacia de su uso.

Es importante considerar la decisión de inversión en maquinaria con el asesoramiento de un experto. El especialista evalúa si una empresa necesita nueva maquinaria, hace cálculos de costes y beneficios, y ayuda a elegir el equipo adecuado.

De este modo, se puede obtener una estimación del valor que podría generar la instalación de maquinaria en la planta de producción para las prácticas operativas.

2.1.5. La importancia del mantenimiento de la maquinaria industrial

La maquinaria industrial desempeña un papel directo en organización de la producción, la eficacia e incluso en los beneficios de una empresa.

Por lo tanto, es muy conveniente que se garantice la funcionalidad de cada pieza del equipo y que se eviten los problemas en cuanto aparezcan. El mantenimiento de la maquinaria industrial está perfectamente relacionado con ambos objetivos, por lo que es una tarea importante a la que todas las empresas deben dedicar tiempo.

La gestión del mantenimiento desempeña un papel fundamental en la gestión de activos industriales. El objetivo de desarrollar e implementar un programa de mantenimiento no se limita a la realización de actividades de reparación rutinarias, sino que hay que considerar la gestión adecuada de la salud de los equipos a lo largo de su ciclo de vida.

Siempre es mejor invertir en mantenimiento para hacer frente a los problemas ahora mismo que esperar hasta más tarde, cuando la situación puede ser aún más costosa y complicada de tratar.

El mantenimiento de la maquinaria es fundamental para alcanzar los objetivos de producción, por varias razones. Cuando el equipo está en condiciones óptimas, hay menos posibilidades de que se produzcan retrasos y otros problemas.

Del mismo modo, el mantenimiento trata de resolver los problemas tan pronto como aparecen y antes de que se incrementen, lo que puede mejorar la calidad de sus procesos industriales y su producción.

Además, el buen funcionamiento de la maquinaria reduce el coste de la mano de obra de toda la planta.

En realidad, el mantenimiento reduce los gastos, que de otro modo serían elevados, derivados de las constantes reparaciones o de las averías. Es cierto que el coste inicial de la elaboración de un plan de mantenimiento puede ser considerable, pero se verá compensado por el ahorro de tiempo y dinero que supondrá el funcionamiento de una instalación con equipos que funcionan bien y están bien cuidados.

Por último, el mantenimiento ayuda a prevenir accidentes fortuitos en las instalaciones, lo que es importante para garantizar la salud y el bienestar de los empleados, así como para preservar la calidad de la mano de obra.

De hecho, se calcula que entre el 15 y el 20 % de los accidentes que se producen en las instalaciones industriales están relacionados con la falta de un mantenimiento adecuado.

Sin embargo, para algunas instalaciones, llevar a cabo el mantenimiento de la maquinaria es en sí mismo un esfuerzo arriesgado. Al fin y al cabo, los

equipos pesados requieren una gestión cuidadosa cuando se trasladan, y los cables y otros accesorios tienen que estar bien ordenados para garantizar que todo el proceso se desarrolle sin problemas.

Para ello, se recomienda emplear servicios profesionales diseñados para llevar a cabo y concluir cada punto de la lista de control de mantenimiento de forma segura.

Aunque minimizar el tiempo de inactividad y las averías de las máquinas son los principales objetivos del mantenimiento, muchas empresas se toman el mantenimiento como una actividad insignificante que conduce a la reparación necesaria de los equipos defectuosos.

Cuando se produce una avería importante en una fábrica de producción continua, todo el proceso de producción se detiene. Como resultado, la empresa puede experimentar una pérdida inmediata de productividad y una pérdida de miles de dólares por hora.

Es un hecho establecido que una planta industrial mal mantenida requerirá una costosa reparación en algún momento. Los equipos industriales, como las máquinas, las instalaciones de transporte y los edificios, se desgastan y requieren un mantenimiento regular para funcionar de forma correcta.

2.1.6. Beneficios del mantenimiento de la maquinaria industrial

Es necesario ver algunos de los objetivos y beneficios de contar con un plan de mantenimiento efectivo:

- Las prácticas de mantenimiento recomendadas pueden ayudarte a prolongar la vida útil de la maquinaria al ralentizar el proceso de desgaste.
- También puede minimizar las pérdidas que pueden producirse debido a las paradas de producción.
- El mantenimiento garantizará la disponibilidad operativa de tus equipos necesarios para casos de emergencia en todo momento.
- Las inspecciones periódicas te ayudarán a minimizar los riesgos en el lugar de trabajo y a mejorar las normas de seguridad.
- Por último, te ayudará a mejorar la eficacia operativa de la planta y la calidad de los productos.

En un entorno competitivo, la planta de producción debe funcionar de forma eficiente y los tiempos de inactividad no deben interrumpir la producción. Para lograr estas condiciones, se debe desarrollar y aplicar una estrategia de mantenimiento que se pueda planificar, controlar y dirigir en todas las actividades relacionadas en el mantenimiento con eficacia.

2.1.7. Evolución de la maquinaria industrial

La influencia de los cambios en la sociedad y la actividad humana ha sido siempre la motivación subyacente a las principales tendencias en el desarrollo de los objetos cotidianos, las tendencias y cambios que se han presenciado en los campos de la industria y la maquinaria industrial no son una excepción.

Desde el momento en que se puso en marcha la revolución industrial a principios del siglo XIX, se ha producido una competición para modificar y mejorar la resistencia, la durabilidad y la capacidad de producción de las máquinas en todo el espectro de los sectores industriales, ya que la demanda de las poblaciones en crecimiento ha aumentado de forma considerable.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la urbanización masiva que caracterizó el desarrollo mundial en los años 50 y 60 aumentó la demanda de proyectos de construcción a gran escala, lo que a su vez hizo que aumentara también la demanda de maquinaria industrial.

El gigante de la fabricación mundial, Hitachi, se centró en el desarrollo de proyectos ferroviarios como el Tokaido Shinkansen en Japón, el ferrocarril más rápido del mundo en aquella época.

Si se avanza un par de décadas hasta los años 80 y 90, el panorama industrial se transformó de nuevo, con factores políticos y medioambientales que impulsaron nuevas demandas y bases operativas.

Esta fue la época de las excavadoras hidráulicas de gran tamaño, otra de las principales innovaciones del grupo Hitachi Construction Machinery (HCM), que exigió el desarrollo de sistemas hidráulicos de mayor tamaño, así como de componentes electrónicos para soportar estas máquinas mucho más grandes, lo que cambió para siempre el aspecto de las operaciones mineras en todo el mundo.

A lo largo de todas estas fases industriales hasta la actualidad, el impacto de los avances tecnológicos en el campo ha sido una cuestión a tener en cuenta

en cuanto a sus efectos sobre los núcleos de población -por la contaminación acústica y del polvo, por ejemplo y por supuesto, en cuanto a la seguridad.

Esto ha dado lugar a otro nivel de exigencia, cuyos retos se han resuelto en la era digital con mayores niveles de innovación en plazos más cortos que los vistos a lo largo de todas las décadas anteriores de avance industrial.

Los sistemas hidráulicos modernos, por ejemplo, utilizan diseños de sistemas hidráulicos mejorados, con controles electrónicos avanzados en las bombas hidráulicas, que mejoran la respuesta y el control económico de la bomba para una mayor eficiencia y funcionamiento del sistema. También supone un menor consumo de combustible y costes de funcionamiento.

Todas estas innovaciones son importantes desde el punto de vista de la sostenibilidad, teniendo en cuenta que la industria pesada suele ser objeto de críticas por su impacto medioambiental, lo que impulsa un enfoque mucho más centrado en el medio ambiente para el desarrollo industrial en general.

Cada vez son más las empresas que tratan de combinar soluciones tecnológicas y prácticas respetuosas con el medio ambiente, y eso se nota en el desarrollo de innovaciones digitales que controlan la producción de carbono, el consumo de combustible y otros factores con posible impacto medioambiental.

Las soluciones digitales han transformado de forma literal la cara de la industria de la maquinaria moderna, reduciendo la capacidad general de error humano y, al mismo tiempo, racionalizando y optimizando la producción en volúmenes significativos.

Las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), se han convertido en los últimos años en un actor integral en el diseño, el funcionamiento y el mantenimiento de la maquinaria y los equipos industriales.

Esto implica en sí mismo mayores niveles de seguridad para los operarios, cuyas funciones se están alejando de la operación manual a medida que la innovación digital permite mayores grados de programación y operación remota de la maquinaria.

Los fabricantes de maquinaria industrial que han innovado y consolidado su camino a través de las recesiones de décadas anteriores y han adoptado la tecnología de este tiempo, que se encuentran en la frontera de la próxima ola de avances digitales.

Hoy en día, están marcando tendencias de diseño en lugar de responder a ellas, y la automatización y la conectividad desempeñan un papel importante en las operaciones diarias tanto de los fabricantes como de los usuarios finales.

2.1.8. El futuro de la maquinaria industrial

El sector de la maquinaria y los componentes industriales suele estar a la par, o por delante, de otros sectores cuando se trata de utilizar tecnologías avanzadas.

Por ejemplo, este sector adoptó el Internet de las cosas (IoT), mucho antes de que muchos otros hubieran oído hablar de él. En la actualidad, la maquinaria industrial está adoptando soluciones en la nube (Cloud Computing), modelos de negocio as-a-service (como servicio) y otras tecnologías avanzadas como el Blockchain y el Machine Learning.

El futuro de la maquinaria industrial y de la Industria 4.0 en resumidas cuentas se caracterizará por lo siguiente:

- Una red perfecta y una organización perfecta en la que todos los elementos del proceso de producción están conectados.
- Nuevas comunicaciones en las que todos los aspectos de un proceso de producción se supervisan, se generan datos y se recoge información.
- Todos los actores remotos del proceso de producción serán gestionados y supervisados a distancia para que los pedidos de productos se diseñen, fabriquen y entreguen de la manera más óptima y eficiente.
- Los productos se programarán para conocer el siguiente paso de un proceso de fabricación y comunicarse con la maquinaria que lo llevará a cabo.
- El IoT se aprovechará para que la fabricación sea más eficiente y rápida.

Las empresas tienden a utilizar tecnologías avanzadas para seguir mejorando sus negocios y satisfacer las demandas de los clientes.

Se espera que el Blockchain sea la próxima tecnología que transforme el sector. No obstante, las empresas tendrán que continuar utilizando las nuevas tecnologías para seguir siendo competitivas.

2.2. Máquina corta bloques Pedrini M580

La cortadora Pedrini M580 es una máquina de alta calidad utilizada principalmente en la industria de la piedra para el corte de losas de granito, mármol y otros materiales similares.

La máquina está diseñada para proporcionar un corte preciso y rápido, y funciona mediante el uso de un disco que en sus extremos tiene diamantes de alta velocidad, y de esta manera es que se realiza el corte sobre la piedra, debido a la fricción que se genera entre el diamante y la piedra.

El proceso de corte se inicia con la colocación de uno de los bloques de piedra en el carro porta bloques de la cortadora, bloque que tiene estar bien asegurado y sujeto para evitar movimientos indeseados durante el proceso de corte. A este proceso se le llama acuñado. La máquina cuenta con:

- Un sistema de refrigeración por agua, que evita el sobrecalentamiento del disco de corte de diamante y reduce el riesgo de fisuras en la piedra, como también ayuda al enfriamiento del sistema hidráulico que se utiliza para el avance y el retroceso del puente corta bloques.
- Ajuste preciso en las medidas de los cortes en los tres ejes del plano cartesiano.
- Contador y programado, la unidad de medida básica es el milímetro, y este contador y programador se utilizar para llevar el control del número de duelas terminadas y la profundidad de la cala necesaria para obtener la altura de la duela según el pedido.

La cortadora Pedrini M580 cuenta con características de seguridad clave, incluyendo un sistema de detección de errores que se activa si el disco de corte se pasa del límite asignado de corte o si se produce algún error en el proceso de corte, como falta de agua en el sistema de enfriamiento, falta de aceite hidráulico en el sistema, voltaje inadecuado en alguna de las tres fases, recalentamiento en los dispositivos de los motores eléctricos y en el sistema eléctrico completo (calentamiento en contactores, variadores, protecciones térmicas, y el PLC, entre otros).

Esta máquina también cuenta con un sistema de corte automático que permite ahorrar tiempo y aumentar la eficiencia de la producción.

Esta cortadora es una excelente opción para la producción en serie de piezas de piedra con dimensiones específicas y acabados de alta calidad.

2.2.1. Generalidades de la máquina corta bloques Pedrini M580

Una máquina cortadora de mármol es una herramienta esencial para la producción y transformación de mármoles y otros tipos de piedras para cortar grandes losas de mármol en piezas más pequeñas, y pueden ser operadas manualmente o mediante sistemas automáticos.

Las cortadoras de mármol suelen estar diseñadas con un cabezal que contiene un disco con diamantes, el cual puede girar a altas velocidades para cortar la superficie del mármol con precisión y rapidez.

Para operar una cortadora de mármol, es necesario tener conocimientos previos en el manejo de herramientas y conocimiento en la selección del tipo de herramienta de corte adecuada para el material a cortar.

También es importante seguir todas las medidas de seguridad necesarias para evitar cualquier tipo de accidente.

- Pedrini M580 Máquina de corte de bloques de cuchillas múltiples
- Máquina de sierra de puente de disco gigante
- Maquina diseñada para realizar corte de piedras minerales
- Máquina de sierra de puente de disco girante de corte
- Año de manufactura: 1986
- Potencia del motor principal: 138 Kilovatios
- Uso para corte de: Granito, Piedra caliza, Basalto, Arenisca, Travertino, Cuarzita.

2.2.2. Mármol

Es una roca metamórfica formada por la transformación de carbonato de calcio o dolomita a través de altas temperaturas y presiones en el interior de la tierra. Se caracteriza por su textura uniforme y suave, así como por sus bordes afilados y brillantes.

Es una piedra muy valorada por su belleza y características decorativas, utilizada en la construcción, la escultura y la decoración. El mármol es una piedra porosa, lo que lo hace susceptible a manchas y daños por la exposición a ácidos. Por lo tanto, se recomienda utilizar productos y técnicas adecuados para su limpieza y mantenimiento.

En geología, el mármol es una roca metamórfica compacta formada a partir de rocas calizas que, sometidas a elevadas temperaturas y presiones, alcanzan un alto grado de cristalización. El componente básico del mármol es el carbonato cálcico, cuyo contenido supera el 90 %; los demás componentes son

los que dan gran variedad de colores en los mármoles y definen sus características físicas.

Tras un proceso de pulido por abrasión el mármol alcanza alto nivel de brillo natural, es decir, sin ceras ni componentes químicos. El mármol se utiliza principalmente en la construcción, decoración y escultura. A veces es traslúcido, de diferentes colores, como blanco, castaño, rojo, verde, negro, gris, amarillo, azul, y puede aparecer de coloración uniforme, jaspeado (con motas), vetado (tramado de líneas) y diversas configuraciones o mezclas entre ellas.

La mayoría de los mármoles se forman en los límites de placas convergentes, donde grandes áreas de la corteza terrestre están expuestas al metamorfismo regional.

Es así que, la caliza enterrada profundamente en las capas más antiguas de la corteza se somete al calor y la presión (bajo condiciones de metamorfismo), de las gruesas capas de sedimentos supra yacientes para formar una roca de cristales de calcita entrelazados destruyen usualmente los fósiles y las texturas sedimentarias presentes en la roca original. Los principales agentes que producen estas transformaciones son los fluidos químicamente activos, la presión y la temperatura.

También puede formarse como resultado del metamorfismo de contacto cerca de intrusiones ígneas cuando un cuerpo de magma caliente calienta la piedra caliza o la dolomita adyacentes y las transforma en rocas metamórficas.

Una roca relacionada es el mármol dolomítico, se produce cuando la dolomita se somete a calor y presión. El mármol se produce en grandes

depósitos que pueden tener cientos de pies de espesor y ser geográficamente extensos.

Durante el metamorfismo, esta calcita se recristaliza y la textura de la roca cambia. En las primeras etapas de la transformación de piedra caliza a mármol, los cristales de calcita en la roca son muy pequeños, se los reconoce por un brillo azucarado de luz que se refleja en sus pequeñas caras escondidas cuando la roca se toca a la luz.

El mármol que ha sido expuesto a bajos niveles de metamorfismo tendrá cristales de calcita muy pequeños. Los cristales se hacen más grandes a medida que progresa el nivel de metamorfismo. Los minerales de arcilla dentro del mármol se alterarán a micas y estructuras de silicato más complejas a medida que aumenta el nivel de metamorfismo.

2.3. Tipos de energía para el mando

Según la naturaleza del automatismo empleado puede hablarse de automatización mecánica, neumática, hidráulica, eléctrica y electrónica. A demás existen técnicas mixtas que son combinaciones de las citadas y que, en la práctica, son las más habituales.

2.3.1. Automatización mecánica

Los sistemas mecánicos suelen ser complicados por la abundancia de mecanismos y de escasa flexibilidad. Por el contrario, la tecnología que regula su funcionamiento es relativamente accesible al personal poco cualificado, lo que se traduce en un montaje y mantenimiento económicos.

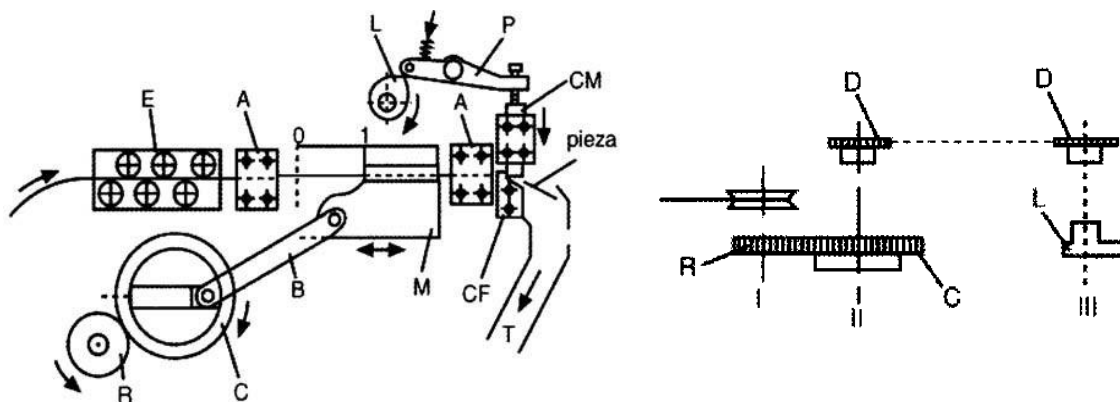
Los mecanismos que los componen son: ruedas dentadas y poleas para transmisiones del movimiento de biela-manivela, piñón-cremallera, entre otros, para la conversión del movimiento rectilíneo en circular y viceversa; levas y palancas para la obtención de recorridos controlados, entre otros. (Figura 3- a).

Los grandes problemas de la automatización mecánica son: la longitud, en muchas ocasiones, de las cadenas cinemáticas, y por supuesto, la sincronización de movimientos en los órganos móviles.

Existe una gran variedad de automatismos mecánicos en la industria: desde las máquinas herramientas (tornos, fresadoras, limadoras), hasta los relojes mecánicos, pasando por los telares, motores de combustión interna y toda la maquinaria que formó parte de la revolución industrial.

Figura 3.

a – Máquina automática mecánica; b- Máquina automática eléctrica



Nota. Modelos de máquinas automáticas. Obtenido de Pertiga (2020). *Principios básicos de la automatización, instalaciones eléctricas.* (<http://pertiga.es>), consultado el 10 de diciembre de 2022. De dominio público.

2.3.2. Automatización neumática

La técnica neumática admite infinidad de aplicaciones en el campo de la máquina herramienta, especialmente en los trabajos de fijación de piezas, bloqueo de órganos, alimentación de máquinas y movimiento lineal de órganos que no requieran velocidades de actuación rigurosamente constantes. Prácticamente la totalidad de las automatizaciones industriales tienen, como elementos de mando, instalaciones neumáticas. (Figura 4).

Como principales ventajas del mando neumático cabe destacar:

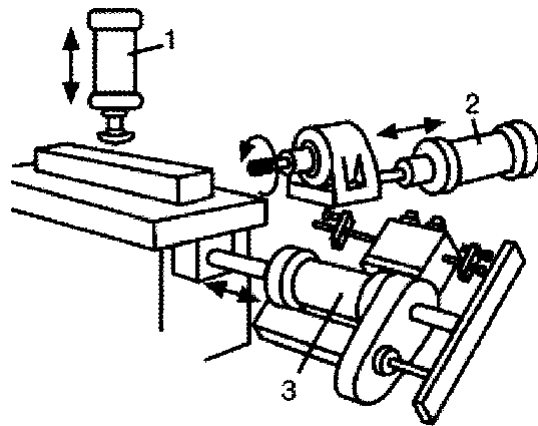
- La sencillez de los propios sistemas de mando: cilindros, válvulas, entre otros.
- La rapidez de movimiento (respuesta) del sistema neumático.
- La economía de los sistemas neumáticos una vez instalados.

Y como inconvenientes:

- La instalación requiere un desembolso económico añadido a la propia automatización.
- El mantenimiento del estado del aire, porque debe mantenerse perfectamente limpio y seco.

Figura 4.

Automatismo neumático



Nota. Automatización neumática permite una producción rápida, segura y limpia. Obtenido de Pertiga (2020). *Principios básicos de la automatización, instalaciones eléctricas*. (<http://pertiga.es>), consultado el 10 de diciembre de 2022. De dominio público.

2.3.3. Automatización hidráulica

Prácticamente lo dicho para la automatización neumática vale para la hidráulica, aunque con algunas diferencias; por ejemplo, el mando hidráulico es más lento que el neumático, sin embargo, es capaz de desarrollar más trabajo. La hidráulica se prefiere en sistemas que deban desarrollar más trabajo y no sea primordial la velocidad de respuesta.

Este tipo de mando se encuentra en prensas, diversas máquinas herramientas, y por supuesto, en el automóvil: frenos, dirección e, incluso, suspensión.

2.3.4. Automatización eléctrica

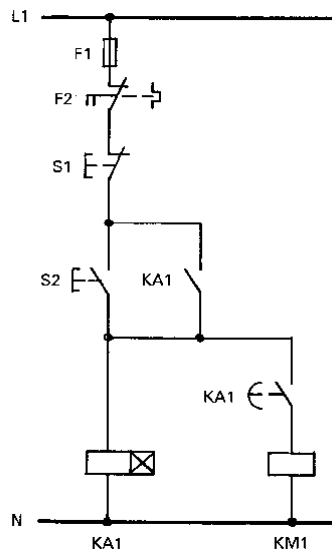
Dado que la energía eléctrica está disponible en cualquier instalación industrial, prácticamente cualquier máquina por sencilla que sea, va a tener algún tipo de automatismo eléctrico, encargado de gobernar los motores o como función de mando dentro de la propia máquina. (Figura 5).

La técnica eléctrica se utiliza para control de movimiento (lineal o angular), en los casos en que se precisan velocidades constantes o desplazamientos precisos. Su gran ventaja es la disponibilidad de una fuente de energía eléctrica en prácticamente cualquier lugar.

Los elementos de mando más comunes son los pulsadores, interruptores, conmutadores, finales de carrera, detectores fotoeléctricos, relés, temporizadores y contactores.

Figura 5.

Automatismo eléctrico



Nota. Diagrama de automatización hidráulica. Obtenido de Pertiga (2020). *Principios básicos de la automatización, instalaciones eléctricas.* (<http://pertiga.es>), consultado el 10 de diciembre de 2022. De dominio público.

2.3.5. Automatización electrónica

Por supuesto, la llegada de la electrónica a la industria ha supuesto una verdadera revolución y ha permitido que la automatización industrial dé un paso de gigante. La base de este avance en la automatización ha sido el sistema digital, que ha desembocado en el ordenador y, naturalmente, en el autómatas programable.

El tipo de sistema de control electrónico más común, recibe el nombre de controlador secuencial, debido a su forma de actuación. Se puede resumir una

serie de características propias a los procesos que se controlan de forma secuencial.

El proceso se puede descomponer en una serie de estados que se activarán de forma secuencial (variables internas). Cada uno de los estados cuando está activo realiza una serie de acciones sobre los actuadores (variables de salida). Las señales procedentes de los sensores (variables de entrada), controlan la transición entre estados.

Las variables empleadas en el proceso y sistema de control (entrada, salida internas), son múltiples y generalmente de tipo discreto, solo toman dos valores activado o desactivado. Por ejemplo, un motor solo estará funcionando o parado; un sensor situado sobre un cilindro neumático estará activado cuando esté el émbolo del cilindro situado a su altura y desactivado en caso contrario.

En función de cómo se realice la transición entre estados, los controladores secuenciales pueden ser de dos tipos: asíncronos y síncronos.

- Asíncronos: la transición entre los estados se produce en el mismo instante en que se produce una variación en las variables de entrada.
- Síncronos: la transición a un determinado estado se produce en función de las variables de entrada sincronizadas mediante una señal de reloj de frecuencia fija, de forma que la transición entre estados solo se produce para cada señal de reloj.

2.4. Elementos que componen la corta bloques de mármol Pedrini M 580

En los siguientes subtítulos se detallarán los elementos que componen la corta bloques de mármol.

2.4.1. Tablero eléctrico (Potencia)

Este tablero se compone de una variedad de dispositivos y componentes eléctricos que se organizan de forma sistemática sobre una placa de metálica.

Estos elementos son seleccionados para cumplir los requisitos de la máquina, puede incluir interruptores, relés, fusibles, disyuntores, contactores, variadores de frecuencia, sensores, controladores lógicos programables (PLCs) y pantallas de visualización.

En la parte de potencia esta máquina funciona con 440 Voltios de corriente trifásica, esto significa que los motores eléctricos necesitan 440 Voltios para poder funcionar de manera eficiente, porque requieren de un alto nivel de potencia para realizar tareas específicas. Son capaces de proporcionar una gran cantidad de torque, lo que los hace ideales para aplicaciones que requieren una gran cantidad de fuerza, como lo es este caso.

2.4.2. Tablero de control (VDC)

En un extremo del panel, se encuentra la fuente de alimentación eléctrica principal, conectada a la red eléctrica de entrada. Desde allí, la electricidad se transforma en circuitos que van a los componentes de control y monitoreo en el

panel. Esto sucede con el uso de transformadores, que van desde 440 Voltios hasta 24 voltios.

Es importante resaltar que para esta parte es necesario tener una fuente de corriente directa, ya que los dispositivos electrónicos funcionan con voltajes de corriente directa VDC. Los componentes electrónicos son configurados por un especialista programador, y la interacción entre cada componente se establece mediante su programación, esta programación puede ser personalizada según la necesidad y especificaciones del cliente.

2.4.3. Cuatro columnas de metal que contienen tornillos Sinfín

Para sujetar todos los dispositivos que componen el sistema de corte de la máquina. (4 columnas, cada una con un tornillo sin fin en su interior para poder hacer el movimiento arriba y abajo necesario para realizar el corte en el eje Z).

- Tornillo sinfín: estos son esenciales para poder tener a nivel y en movimiento vertical el puente que sirve para realizar los cortes en el material. El movimiento se realiza por medio de un motor eléctrico que se encuentra acoplado a un sistema de transmisión mecánico, dicho movimiento se puede medir por medio de un sensor inductivo, que manda una señal al PLC el cual lo interpreta por medio de programación y lo traduce en una distancia lineal. El tornillo sinfín en una de las puntas tiene acoplada una corona y esta a su vez tiene acoplado un piñón, el cual se mueve por medio del sistema de transmisión, que obtiene su movimiento por parte del motor eléctrico.

2.4.4. Dos vigas de carga

También hechas de metal, estas son dos y sirven para que sobre ellas se pueda mover el puente hacia los lados derecha e izquierda. Cuenta con un sistema de rodos, diseñado para que sobre ellos el puente pueda trasladarse sin ningún problema, por medio de un motor eléctrico que transfiere energía a un sistema mecánico para su traslación. Es de suma importancia que el sistema de rodos de estas vigas se encuentre bien lubricado, para que los movimientos se puedan realizar con la mínima fricción, la mayor eficiencia y la mejor exactitud.

El movimiento se realiza por medio de un motor eléctrico que se encuentra acoplado a un sistema de transmisión mecánico, dicho movimiento se puede medir por medio de un sensor inductivo, que manda una señal al PLC el cual lo interpreta por medio de programación y lo traduce en una distancia lineal.

2.4.5. El puente de carga

Sobre él se encuentra el sistema completo de corte vertical y horizontal. Dicho sistema consta de:

- Eje vertical
- Eje horizontal
- Sistema hidráulico
- Discos de corte

2.4.6. Sistema hidráulico para avance y retroceso de corte

Para obtener el avance o retroceso del sistema de corte se debe controlar el sistema hidráulico, porque este es el que permite dicho movimiento, por medio

de una válvula de paso en el modo manual o por medio de la pantalla HMI en el modo automático. Para el operador de la máquina este es uno de los procesos más importantes que se debe controlar, para evitar que el puente de corte golpee el bloque de mármol.

2.4.7. Sistema hidráulico de enfriamiento del corte

Es muy importante entender que para realizar el corte del mármol es indispensable el flujo de agua, ya que esta ayuda como refrigerante tanto para el disco de corte, como para el bloque de mármol en sí.

2.5. Sistema de potencia, tablero eléctrico

Joel (2021), realiza una descripción de los sistemas de potencia, en los siguientes subtítulos se realiza una descripción resumen de estos.

2.5.1. Dispositivos internos del tablero eléctrico

Un tablero de control eléctrico funciona como un mecanismo de protección para los distintos circuitos eléctricos que forman parte de una instalación eléctrica. Ofrece protección tanto a los circuitos básicos como de los hogares y aquellos más complejos, como de las industrias.

2.5.2. Disyuntor

Un disyuntor, interruptor automático o *breaker* es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha

producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática.

Se fabrican disyuntores de diferentes tamaños y características lo cual hace que sea ampliamente utilizado en viviendas, industrias y comercios.

Figura 6.

Disyuntor



Nota. Disyuntor para evitar daños a equipos eléctricos. Elaboración propia.

Dentro de las cosas que lleva un tablero de control electrónico, se encuentran:

2.5.3. Interruptor de control de potencia

Es el que se encarga de cortar el suministro de corriente eléctrica cuando hay mayor demanda de la que ha sido contratada, o en caso de que exista una sobrecarga.

2.5.4. Interruptor general automático

Solo está presente en los cuadros de corriente de nueva instalación. Al igual que el interruptor anterior, tiene como función cortar la electricidad del edificio cuando descubren un exceso de potencia o cortocircuito, debido a que hay varios electrodomésticos funcionando o por un cortocircuito.

2.5.5. Interruptor diferencial

Es fácil de reconocer porque tiene una palanca o pulsador. Permite proteger las instalaciones de las fugas de corriente eléctrica, evitando la posibilidad de que se presente un chispazo eléctrico.

2.5.6. Protector contra sobretensiones

Otro de los elementos que debe estar presente de forma obligatoria en los cuadros de instalación eléctrica. Ayuda a proteger los aparatos eléctricos del hogar, a causa de sobretensiones eléctricas.

2.5.7. Pequeños interruptores automáticos

Ayudan a mantener un control por separado de la llegada de electricidad, a los diferentes aparatos electrodomésticos que están siendo usados en el hogar.

Sin embargo, también son utilizados en casos de mantenimiento, para privar la electricidad a una cierta parte, evitando tener que cortar todo el suministro eléctrico.

2.5.8. Sistema del panel de control

En los siguientes subtítulos se describe cuáles son los componentes del panel de control.

2.5.8.1. Dispositivos internos del tablero de control

En la parte interna del gabinete de control se encuentran instalados los dispositivos de conexión, medición, y protección del proceso. La alimentación requerida del sistema varía, algunas partes funcionan con 480 VAC, otras con 220 VAC, 110 VAC y 24 VDC respectivamente para cada elemento, según sea su necesidad.

Figura 7.

Vista interna del tablero de control



Nota. Ayuda a controlar los sistemas de energía a través de dispositivos de conexión que tienen la función de maniobrar, medir y resguardar la seguridad de toda una instalación, para que la misma funcione adecuadamente. Elaboración propia.

2.5.8.2. Dispositivos de un tablero de control

Con respecto a los elementos que debe tener un tablero de control eléctrico, se encuentran:

- Borneras
- Cable canal
- Interruptor diferencial
- Pulsadores
- Pilotos luminosos
- Parada de emergencia
- Cables
- Seccionador para fusibles

2.5.8.3. Tablero de fuerza y control

Un tablero de fuerza y control es aquel que se encarga de distribuir y dividir la alimentación de la energía eléctrica en los circuitos derivados. Además de proporcionar un fusible o disyuntor de protección para cada circuito, de manera individual.

2.5.9. Controlador Lógico Programable PLC

Dispositivo electrónico usado en automatización industrial. Un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control. La IEEC (2020), indica que se trata de un equipo electrónico, que, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Los PLC sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento, y con un microprocesador integrado, corre el programa.

Figura 8.

PLC



Nota. Controlador lógico programable. Elaboración propia.

Para la automatización de la máquina corte bloques de mármol se empleó el PLC DELTA DVP28SV.

2.5.9.1. Relé

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control.

El Relé es activado con poca corriente, sin embargo, puede activar grandes máquinas que consumen gran cantidad de corriente.

2.5.9.2. Relé térmico

Los relés térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Este dispositivo de protección garantiza:

- Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.
- La continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.

Los relés térmicos que se utilizan en el tablero de control son:

- PKZM 1-06
- PKZM 1-2.4
- PKZM 1-1.6

Figura 9.

Relé térmico



Nota. Relé térmico, para el tablero de control. Elaboración propia.

2.5.9.3. Contactor

La función del contactor es cortar la corriente eléctrica de una instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento. Una posición estable o de reposo (apagado), cuando no recibe ninguna acción por parte del circuito de mando, y otra de activo o encendido cuando recibe una acción por parte del circuito de mando.

El Contactor que se emplea en el tablero de control es de marca siemens utilizado para el accionamiento de las válvulas y el motor general, las características de los 3 contactores son:

- 3 polos AC-3

- 4kw/480 VAC
- Conexión por tornillo
- Contactos auxiliares 01e (1nc)

Figura 10.

Contactador



Nota. Contactador para el tablero de control. Elaboración propia.

2.5.9.3.1. Componentes del contactor

El contactor está compuesto por varios componentes mecánicos y eléctricos los mismos que permiten el funcionamiento del contactor, éstos se detallan a continuación:

2.5.9.3.2. Contactos principales

Son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia. Están normalmente abiertos (NA) cuando el contactor está apagado.

2.5.9.3.3. Contactos auxiliares

Son los encargados de abrir y cerrar el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados. Los contactos auxiliares son de dos clases abiertos y cerrados. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las auto alimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

2.5.9.3.4. Bobina

Elemento que produce una fuerza de atracción (FA), al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24 y 220 V de corriente alterna, siendo la de 220 V la más usual.

2.5.9.3.5. Armadura

Parte móvil del contactor. Desplaza los contactos principales y auxiliares por la acción (FA), de la bobina.

2.5.9.3.6. Núcleo

Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.

2.5.9.3.7. Resorte

Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez cesa la fuerza.

2.5.9.4. Variador de velocidad

Entre las principales funciones del variador de frecuencia está realizar un arranque suave del motor, eliminando los picos en la corriente de arranque que se presentan cuando un motor trifásico es encendido. Los picos de corriente dependen de la calidad del motor y pueden ser superiores a 5 veces la corriente nominal del motor.

Figura 11.

Variador de velocidad



Nota. Variador de velocidad para arranque suave del motor. Elaboración propia.

El variador de frecuencia también conocido como arrancador tiene la función de controlar la cantidad de corriente y voltaje que ingresa al motor en el momento del arranque, logrando de esta manera que el arranque del motor sea progresivo de menos a más con la corriente y voltaje, estrictamente necesarios.

2.5.9.5. Componentes eléctricos y electrónicos en los tableros de control

Existe una gran variedad de componentes eléctricos o electrónicos que se utilizan en los tableros para poder crear circuitos que son capaces de manejar alumbrados, máquinas e incluso procesos más complejos como lo son los industriales. Una lista con los componentes más utilizados de acuerdo con la función que posee y una pequeña descripción del funcionamiento y aplicaciones de cada dispositivo es la que a continuación se detalla.

- Indicadores y pulsadores: estos componentes sirven para ayudar a los operadores para activar o desactivar partes de los procesos, los indicadores se utilizan para tener una retroalimentación de las variables y punto importantes ya sea si están funcionando correctamente o existe algún problema.
 - Botones: se pueden encontrar de diferentes tamaños, colores y formas, pero su función principal es la de activar o desactivar actuadores como lo son bombas hidráulicas, motores, válvulas, partes de los procesos, entre otros.
 - Paros de emergencia: este botón prácticamente solo tiene una función y por ende todos los botones de paro son parecidos en cuanto a su construcción física. Este solo tiene una función y es la de parar completamente cualquier tipo proceso.
 - Selectores: estos más que ser botones son perillas que pueden tener varias posiciones y cada una de estas puede representar diferentes partes del proceso, por ejemplo; una posición se utiliza

para hacer el ciclo de manera manual, con otra posición se hace de forma automática y otra sirve para entrar en la etapa de lavado.

- Pilotos: se les conoce como lámparas piloto y estas se utilizan en diferentes formas, ya sea como indicativos para saber en qué parte del proceso se está, para saber si las variables controladas están en los valores adecuados, para saber si existe algún inconveniente en el sistema, entre otros.
- HMI: este es uno de los elementos más avanzados que se puede encontrar en un tablero eléctrico ya que tiene un sin fin de aplicaciones, principalmente se utiliza para arrancar las diferentes etapas de los procesos, para activar o desactivar manualmente algún actuador y también se utiliza para monitorear las variables controladas.
- De protección: los componentes eléctricos de protección sirven para evitar que los dispositivos principales o los más caros se descompongan, ya sea por una sobre corriente, mal funcionamiento, variaciones en la línea de voltaje, entre otros.
 - Guardamotores: sirve para proteger a los motores. Cuando la corriente supera sus valores normales este se dispara evitando que las bobinas del motor se quemen por el exceso de corriente eléctrica. El guardamotor se encarga de desconectar el motor en cuanto la corriente (intensidad) que está consumiendo supera en un porcentaje a la corriente nominal que corresponde a la potencia del motor, lo cual es indicativo de un mal funcionamiento del motor y es mejor desconectarlo para evitar que termine por calentarse

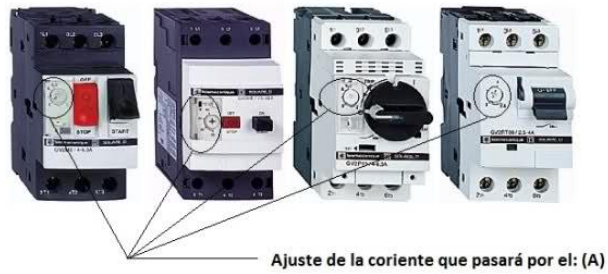
demasiado y quemarse. Por esta razón se puede clasificar como un elemento de protección.

Estos dispositivos protegen contra sobrecarga al motor, y contra cortocircuito y sobrecarga a la línea de alimentación y al motor, tienen que estar conectados al principio de la línea de alimentación del motor. Existen principalmente 2 tipos de guardamotor cada uno con diferentes características de disparo.

- Magnético: ofrece protección contra corto circuito, Con la capacidad de ajustar el rango máximo de corriente.
- Térmico: este tipo de disparador es ajustable y tiene protección contra sobrecarga y pérdida de fase de la instalación.
- Magneto térmico: claramente es la combinación de los 2 tipos de guardamotor. Posee un interruptor (on-off), un relé de sobrecarga y un disparo magnético perfectamente combinados entre sí.

Los guardamotors tienen la capacidad de regular la intensidad del motor y también cuentan con un pequeño pulsador o corredera según sea el caso para probar el mecanismo interno y comprobar el buen funcionamiento.

Figura 12.
Guarda motores



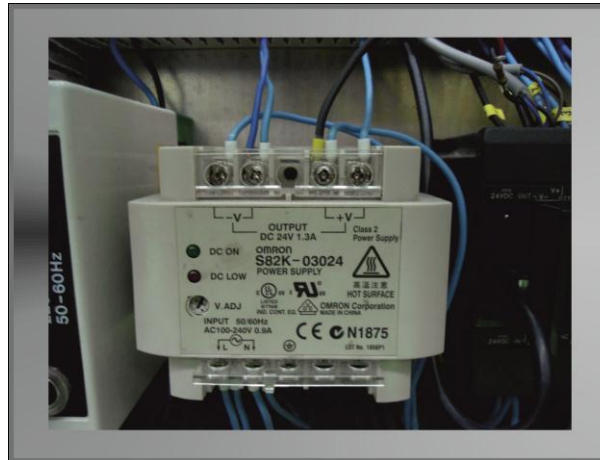
Nota. Guarda motores, para regular la intensidad del motor. Elaboración propia.

2.5.9.6. Fuente de alimentación

Es un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro en una o varias tensiones continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta.

Figura 13.

Fuente de alimentación



Nota. Fuente de alimentación para convertir la tensión alterna. Elaboración propia.

Las características de la fuente de alimentación que se utiliza en el PLC es:

- Marca Omron S82K -03024
- INPUT: 50-60 Hz / AC 100-240 V / 0.9 A
- OUTPUT: DC 24V / 1.3A

2.5.9.7. PLC, definición y principales características

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Sin embargo, la definición más precisa de

estos dispositivos es la dada por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos, (2008):

Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos. (p. 135)

El campo de aplicación de los PLCs es muy amplio e incluye diversos tipos de industrias (ej. automoción, aeroespacial, construcción, entre otros.), así como de maquinaria. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías, copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real duro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentran que, gracias a ellos, es posible realizar operaciones en tiempo real, debido a su disminuido tiempo de reacción. Además, son dispositivos que se adaptan fácilmente a nuevas tareas debido a su flexibilidad a la hora de programarlos, reduciendo así los costos adicionales a la hora de elaborar proyectos. Permiten

también una comunicación inmediata con otro tipo de controladores y ordenadores e incluso permiten realizar las operaciones en red.

Como ya se ha mencionado previamente, tienen una construcción estable al estar diseñados para poder resistir condiciones adversas sobre vibraciones, temperatura, humedad y ruidos. Son fácilmente programables por medio de lenguajes de programación bastante comprensibles. Sin embargo, presentan ciertas desventajas como la necesidad de contar con técnicos cualificados para ocuparse de su buen funcionamiento.

2.5.9.7.1. Breve historia de los PLCs

Desde el comienzo de la industrialización, el hombre ha buscado cómo hacer que los trabajos se realizasen de la forma más ágil y menos tediosa para el operador en cuestión. Los PLCs han sido un mecanismo clave en este proceso puesto que permiten, entre otras cosas, que ciertas tareas se realicen de forma más rápida y que el hombre evite su aparición en trabajos peligrosos tanto como para él, como para su entorno más próximo. De este modo, hoy en día se está rodeados de estos mecanismos que, rebasando la frontera de lo industrial, pueden encontrarse en semáforos; gestión de iluminación en parques, jardines y escaparates; control de puertas automáticas; e incluso en el control de dispositivos del hogar como ventanas, toldos, climatización, entre otros.

El desarrollo de los PLCs fue dirigido originalmente por los requerimientos de los fabricantes de automóviles. Estos cambiaban constantemente los sistemas de control en sus líneas de producción de modo que necesitaban un modo más económico para realizarlo puesto que, en el pasado, esto requería un extenso re-alambrado de bancos de relevadores (procedimiento muy costoso). De este modo, a finales de los años 60, la industria necesitaba cada vez más un sistema

de control económico, robusto, flexible y fácilmente modificable. Así, en 1968 aparecieron los primeros autómatas programables (APIs o PLCs).

La compañía americana Bedford Associates sugirió así un Controlador Modular Digital (MODICON), para su utilización en una compañía de automoción y MODICON 084 fue el primer PLC con una aplicación industrial (1968). Los nuevos controladores debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento, su tiempo de vida debía ser largo y los cambios de programa tenían que realizarse de forma sencilla. También se imponía que pudiera trabajar sin problemas en entornos adversos. Para ello se utilizó una técnica de programación familiar y se reemplazó el uso de relevadores mecánicos por otros de estado sólido.

A principios de los 70, los PLC ya incorporaban el microprocesador. En 1973 aparecieron los PLCs con la capacidad de comunicación - Modbus de MODICON. De este modo, los PLCs eran capaces de intercambiar información entre ellos y podían situarse lejos de los procesadores y los objetos que iban a controlar. Así se incorporaron también más prestaciones como manipulación de datos, cálculos matemáticos, elementos de comunicación hombre-máquina, entre otros. A mediados de los años 70 – apareció la tecnología PLC, basada en microprocesadores bit-slice (ej. AMD 2901/2903).

Los principales productores de PLCs en esos tiempos se convirtieron en compañías como: Allen-Bradley, Siemens, Festo, Fanuc, Honeywell, Philips, Telemecanique, General Electric entre otros. Además, se realizaron mejoras como el aumento de su memoria; la posibilidad de tener entradas/salidas remotas tanto analógicas como numéricas, funciones de control de posicionamiento; aparición de lenguajes con mayor número de funciones y más potentes; y el aumento del desarrollo de las comunicaciones con periféricos y ordenadores.

Por ese entonces, las tecnologías dominantes de estos dispositivos eran máquina de estados secuenciales y con CPUs basadas en el desplazamiento de bit. Los PLC más populares fueron los AMD 2901 y 20903 por parte de Modicon. Los microprocesadores convencionales aportaron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños PLCs. Así, por cada modelo de microprocesador, existía un modelo de PLC basado en el mismo, aunque fue el 2903 uno de los más utilizados. Sin embargo, esta falta de estandarización generó una gran variedad de incompatibilidades en la comunicación debido a la existencia de un maremágnum de sistemas físicos y protocolos incompatibles entre sí.

Fue en los años 80 cuando se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motor's. Se consiguió también reducir las dimensiones de los PLC y se pasó a programar con una programación simbólica a través de ordenadores personales en vez de los terminales clásicos de programación. De hecho, hoy en día, el PLC más pequeño es del tamaño de un simple relevador. Así, en la década de los 80 se mejoraron las prestaciones de los PLCs referidas a: velocidad de respuesta, reducción de las dimensiones, concentración del número de entradas/salidas en los respectivos módulos, desarrollo de módulos de control continuo, PID, servo controladores, control inteligente y fuzzy.

Los años 90 mostraron una reducción gradual en el número de protocolos nuevos y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que lograron sobrevivir a los años 80. El último estándar, IEC 1131-3, trata de unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional. Hoy en día se dispone de PLCs que pueden ser programados en diagramas de bloques, listas de instrucciones o incluso texto

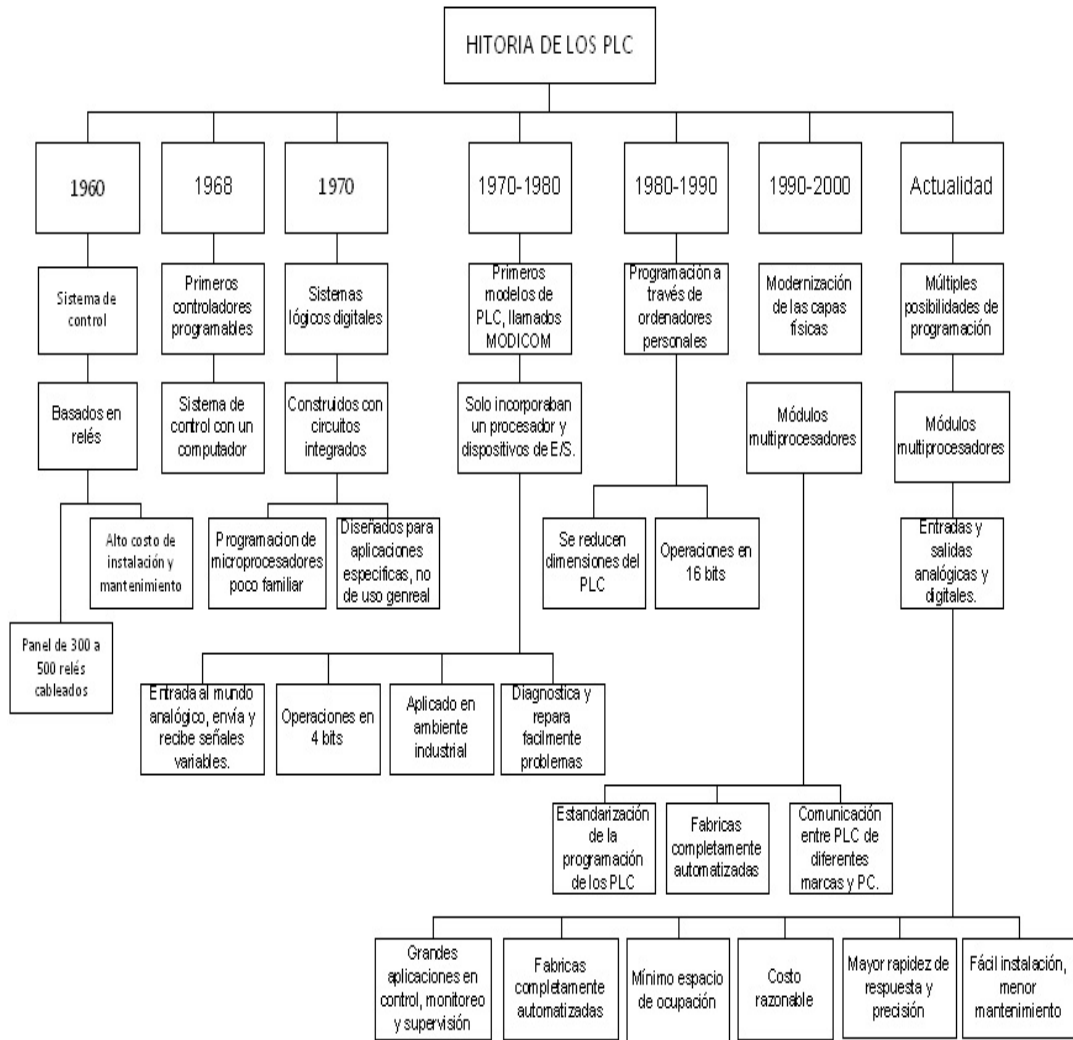
estructurado al mismo tiempo. Sin embargo, los ordenadores comenzaron a reemplazar al PLC en algunas aplicaciones e incluso la compañía que introdujo el Modicon 084 ha cambiado su control en base a un ordenador. Cabe esperar que, en un futuro no muy lejano, el PLC desaparezca al disponer de ordenadores cada vez más potentes y todas las posibilidades que estos pueden proporcionar.

Hoy en día, la tendencia actual es dotar al PLC de funciones específicas de control y canales de comunicación para que pueda conectarse entre sí y con ordenadores en red, creando así una red de autómatas.

A continuación, puede verse un diagrama con la historia de estos dispositivos:

Figura 14.

Diagrama con la historia de avance de los PLC s



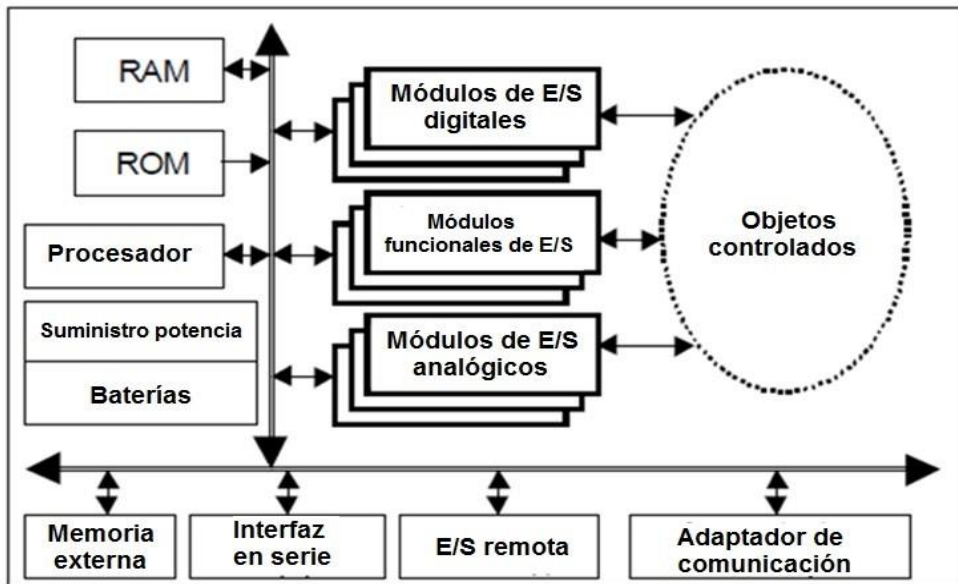
Nota. El diagrama presenta una línea cronológica de los avances que se han venido dando, hasta la actualidad. Obtenido de Universidad Nacional de la Plata (2021). *Controladores lógicos programables PLCs.* (http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf), consultado el 10 de diciembre de 2022. De dominio público.

2.5.9.7.2. Estructura general de los PLCs

El siguiente diagrama de flujo muestra los componentes y la estructura de un PLC:

Figura 15.

Estructura de un PLC



Nota. Diagrama que muestra cómo se conforma la estructura del PLC. Obtenido de Universidad Nacional de la Plata (2021). *Controladores lógicos programables PLCs.* (http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf), consultado el 10 de diciembre de 2022. De dominio público.

Como puede observarse en la figura, para que el sistema funcione es necesario que exista un suministro de potencia cuyo propósito principal es garantizar los voltajes de operación internos del controlador y sus bloques. Los valores más frecuentemente utilizados son $\pm 5V$, $\pm 12V$ y $\pm 24V$ y existen

principalmente dos módulos de suministro de potencia: los que utilizan un voltaje de entra de la red de trabajo y los que utilizan suministradores de potencia operacionales para el control de los objetos.

La parte principal es la denominada unidad central de procesamiento, o CPU que contiene la parte de procesamiento del controlador y está basada en un microprocesador que permite utilizar aritmética y operaciones lógicas para realizar diferentes funciones. Además, la CPU, testea también frecuentemente el PLC para lograr encontrar errores en su debido tiempo. Los primeros PLCs utilizaron chips que habían sido procesados mediante la técnica denominada bit-slice, como el AMD2901, 2903, entre otros.

La transferencia de datos o direcciones en los plcs es posible gracias a cuatro tipos de buses diferentes:

- Bus de datos, para la transferencia de datos de los componentes individuales.
- Bus de direcciones, para aquellas transferencias entre celdas donde se habían guardado datos.
- Bus de control, para las señales de control de los componentes internos.
- Bus de sistema, para conectar los puertos con los módulos de e/s.

El lugar donde se guardan los datos y las instrucciones es la memoria que se divide en memoria permanente, PM, y memoria operacional, conocida como memoria de acceso aleatorio o RAM. La primera, la PM, se basa en las ROM, EPROM, EEPROM o FLASH; es donde se ejecuta el sistema de operación

del PLC y puede ser reemplazada. Sin embargo, la RAM, es donde se guarda y ejecuta el programa en cuestión utilizado y es la de tipo SRAM la que se utiliza habitualmente. La condición común para las entradas de dos componentes digitales de un PLC se guarda en una parte de la RAM y se denomina tabla PII o entrada imagen de proceso. La salida controlada o el último valor de la salida calculado por las funciones lógicas, se guardan en la parte de la RAM denominada tabla PIO, salida de la imagen del proceso. El programa utilizado también puede guardarse en una memoria externa permanente (EPROM o EEPROM), que para ciertos PLCs, puede ser un módulo externo que se coloca en una toma del panel frontal.

Finalmente, los módulos de E/S, son aquellos módulos de señal (SM) que coordinan la entrada y salida de las señales, con aquellas internas del PLC. Estas señales pueden ser digitales (DI, DO), y analógicas (AI, AO), y provienen o van a dispositivos como sensores, interruptores, actuadores, entre otros.

Los SMs (módulos de señal), analógicos utilizan en general un voltaje en DC y una corriente directa. De este modo, opto acopladores, transistores y relés son empleados en la salida digital del SMs para cambiar los estados de la señal de salida con el fin de proteger a estos dispositivos de situaciones como un cortocircuito, una sobrecarga o un voltaje excesivo. El número de entradas y salidas de los SMs digitales es también bastante más elevado que en los analógicos, siendo los primeros más de 8, 16 o 32, mientras que los segundos son, a lo sumo 8. Finalmente, los términos Sinking y Sourcing explican cómo se realiza la conexión de los PLC a los sensores y actuadores:

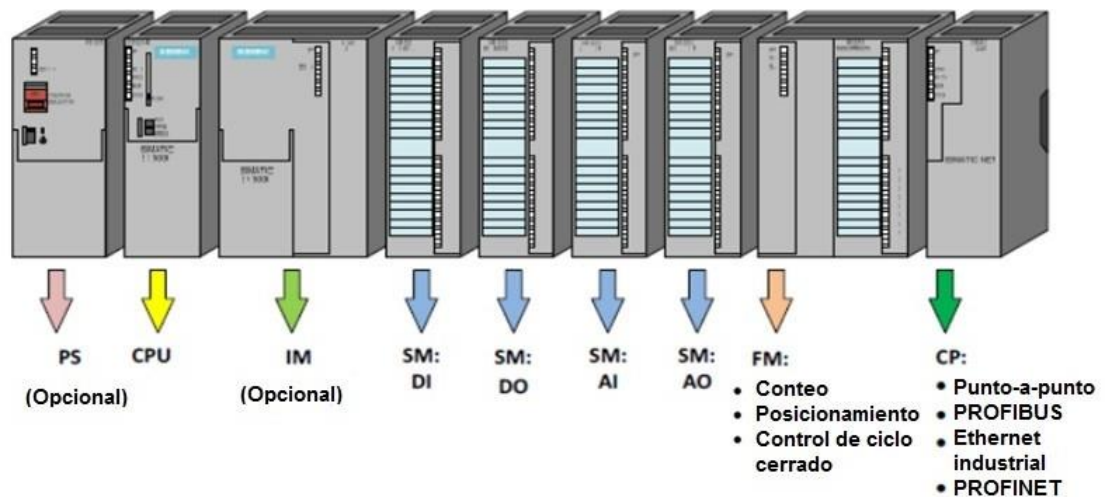
- Sinking = Línea GND común (-) – tierra común
- Sourcing = Línea VCC común (+) – suministro de potencia común

2.5.9.7.3. Componentes del hardware de un PLC

Una PLC puede contener un casete con una vía en la que se encuentran diversos tipos de módulos, como puede observarse en la siguiente figura, correspondiente a una PLC de la empresa Siemens:

Figura 16.

Módulo de un PLC



Nota. Diseño del módulo de un PLC. Obtenido de Universidad Nacional de la Plata (2021). *Controladores lógicos programables PLCs.* (http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf), consultado el 10 de diciembre de 2022. De dominio público.

Como puede observarse en la figura, el PLC dispone de los siguientes módulos que, aunque en este tipo no puede ser intercambiada, esto sí es posible para PLCs de otras compañías. Los módulos más importantes son:

- Módulo de interfaz (IM), conecta diferentes casetes individuales con un

único PLC.

- Módulo funcional (FM), procesamiento complejo en tiempo-crítico de procesos independientes de la CPU, por ejemplo, conteo rápido.
- Regulador PID o control de la posición.
- Procesador de la comunicación (CP), conecta el PLC en una red de trabajo industrial, ej. Industrial Ethernet, PROFIBUS, AS – interfaz, conexión serie punto-a-punto.
- Interfaz hombre-máquina (HMI), ej. panel de operaciones.
- Entradas/salidas remotas.
- Módulos de señal de alta-velocidad.
- Cada módulo de PLC tiene su propia interfaz-HIM básica, utilizada para la visualización de los errores y las condiciones de comunicación, la batería, entradas/salidas, operación de los PLC, entre otros. Pequeños displays con cristal líquido (LCD), o diodos emisores de luz (LED), se utilizan para la interfaz-HMI.

2.5.9.7.4. Tipos de PLCs

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en el número de Input Output, en su tamaño de memoria, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías:

- PLC compactos, son aquellos que incorporan CPU, PS, módulos de entrada y salida en un único paquete. A menudo existe un número fijo de E/S digitales (no mayor a 30), uno o dos canales de comunicación (para programar el PLC y la conexión de los buses de campo) y HMI. Además, puede haber una entrada para el contador de alta velocidad y una o dos E/S analógicas. Para aumentar el número de las E/Ss de un PLC

compacto individual se incrementa (además), los módulos que pueden ser conectados. Estos se colocan en un paquete, similar al del mismo PLC. Estos PLCs de tipo compacto se utilizan en automoción como substitutos de los relés.

- PLC modular es el tipo de PLC más potente y tiene más funciones que los PLC compactos. La CPU, SM, CP y otros módulos se encuentran generalmente en paquetes separados en un riel DIN o en un riel con una forma especial y que se comunica con la CPU a través de un sistema bus. Tiene un número limitado de lugares para los módulos, pero en la mayoría de los casos, este puede aumentarse. Además, los PLCs modulares pueden utilizar un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea. Normalmente se utilizan para el control, regulación, posicionamiento, procesamiento de datos, manipulación, comunicación, monitorización, servicios-web, entre otros.
- PLC de tipo montaje en rack son aquellos que prácticamente tienen las mismas capacidades y funciones que el PLC modular. Sin embargo, existen algunas diferencias en el bus o en el rack dónde se colocan los módulos del PLC. El rack contiene ranuras para los módulos y un sistema de bus integrado para intercambiar información entre los diferentes módulos. La mayoría de los módulos PLC no tienen sus propias cajas, disponen solamente de un panel frontal con una interfaz-HIM. La ventaja principal es que pueden permitir un intercambio más rápido de los datos entre los módulos y tiempo de reacción por parte de los módulos es menor.

- PLC con panel Operador y Controlador Lógico Programable (OPLC), posee una interfaz HIM para su funcionamiento y una monitorización de los procesos automáticos y las máquinas. La HMI consiste principalmente en un monitor y un teclado o una pantalla táctil. El monitor puede ser bien de tipo texto o gráfico. La ventaja principal de este sistema respecto a un PLC con un panel operador aparte es que no es necesario programar el panel de forma separada. Toda la programación se realiza por medio de una herramienta software, lo que permite economizar los gastos del desarrollo del sistema.

- Otro tipo de PLCs
 - Con ordenador industrial (PC industrial), son aquellos que combina un PC normal y un PLC en un único sistema. La parte de PLC puede estar basada en hardware (PLC de tipo slot), o basadas en un PLC con software virtual (PLC de tipo software). Los ordenadores industriales que se utilizan son de tamaño medio y tienen una gran cantidad de aplicaciones en la automatización donde se requiere un control rápido de los procesos, así como una recopilación rápida de los datos y un intercambio con el OPC y el servidor SQL (estos pueden estar integrados en el PC), y existe también el requerimiento de un fácil funcionamiento y monitorización y un ciclo de vida largo. Los PCs industriales utilizan, a menudo, un bus de campo para el control de los procesos y maquinaria automatizada. Algunos de ellos tienen incorporadas entradas/salidas, así como otro tipo de partes modulares del PLC. Sin embargo, la desventaja es que puede suceder que, tras un periodo de tiempo, no se encuentren recambios de ciertas partes (memoria, procesador, tarjeta de video entre otros), debido a que han dejado de producirse.

- PLC de tipo de ranura se trata de una tarjeta especial, que posee todas las funciones de cualquier CPU de un PLC normal. Se sitúa en el (en una ranura vacía de la placa base), que permite intercambiar directamente la información entre las aplicaciones-HIM del PC existente y/u otras aplicaciones software. La ranura de la tarjeta del PLC tiene por lo menos un canal de comunicación para conectar con el bus de campo (para conectar con unas entradas/salidas remotas o con otros dispositivos PLC).
- PLC de tipo software, se trata de un PLC virtual, que trabaja en un ordenador personal. Para controlar las máquinas o procesos se utilizan los puertos de comunicación del PC (Ethernet, COM) o unas tarjetas especiales del tipo del bus del sistema (que se sitúan en el PC), que permiten realizar una comunicación remota con las entradas/salidas de otros dispositivos para la automatización. La desventaja de los PLC de este tipo es la falta de memoria individual para guardar los datos y la pérdida de los datos sobre el control de los procesos cuando se interrumpe el suministro de potencia. Además, existen ciertos riesgos de que al cambiar el OS el PLC virtual no sea compatible con el nuevo sistema. A demás no está garantizado que otras aplicaciones como las HIM o los servidores OPC puedan trabajar simultáneamente con el PLC de tipo software sin generar ningún problema y que su funcionamiento no tenga ninguna influencia sobre el del PLC de tipo software (ej. la velocidad de control sobre los procesos puede verse disminuida, la conexión sobre el bus de campo puede perderse en ciertos momentos, entre otros).

2.5.9.7.5. PLC de arquitectura maestro-esclavo

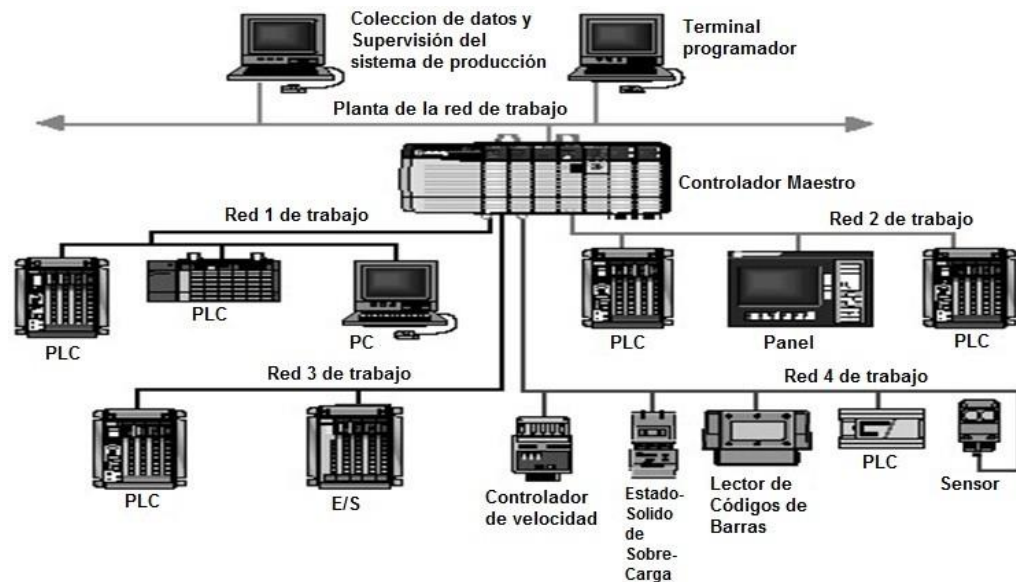
El esquema de comunicación industrial ampliamente difundido para redes de integración de equipos de control es el denominado maestro- esclavo, y se utiliza en comunicaciones entre PLC y otros sistemas como SCADA's y en DCS's. Este sistema de comunicación maestro-esclavo consta esencialmente de un equipo que se le denomina maestro y uno o varios equipos denominados esclavos; el maestro es quien gobierna los ciclos de comunicación, toda iniciativa de comunicación es llevada a cabo por este equipo, los esclavos solo responden a la petición del maestro, si les corresponde, el proceso de pregunta/respuesta de un equipo maestro a uno esclavo se lo conoce como transacción.

A continuación, se observa un diagrama correspondiente a esta configuración en un PLC.

Como puede observarse en la figura siguiente, este controlador programable tiene diseñada su arquitectura como un sistema multiprocesos especializado, basado en redes de PLCs, que se localizan en diferentes niveles. De este modo, el controlador denominado como Maestro puede modificar la estructura, los algoritmos, los ajustes, las asignaciones, entre otros. de su subordinado. Existe así otro controlador llamado esclavo, que lleva a cabo un complejo procesamiento de los datos con el fin de coordinar todo y tener muchos más recursos a su disposición. Un Maestro puede ser un PLC o un ordenador que controle de forma más potente, disponiendo un mayor acceso a los parámetros de configuración de cada controlador subordinado.

Figura 17.

Sistema multiprocesos especializado



Nota. Sistema especializado programable. Obtenido de Universidad Nacional de la Plata (2021). *Controladores lógicos programables PLCs.* (http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf), consultado el 10 de diciembre de 2022. De dominio público.

Como puede observarse en la figura anterior, este controlador programable tiene diseñada su arquitectura como un sistema multiprocesos especializado, basado en redes de PLCs, que se localizan en diferentes niveles. De este modo, el controlador denominado como 'Maestro' puede modificar la estructura, los algoritmos, los ajustes, las asignaciones, entre otros. de su subordinado. Existe así otro controlador llamado 'esclavo', que lleva a cabo un complejo procesamiento de los datos con el fin de coordinar todo y tener muchos más recursos a su disposición. Un 'Maestro' puede ser un PLC o un ordenador que controle de forma más potente, disponiendo un mayor acceso a los parámetros de configuración de cada controlador subordinado.

2.5.9.7.6. Tipos de señales utilizadas por los PLCs

Un PLC recibe y transfiere señales eléctricas, expresando así variables físicas finitas (temperatura, presión entre otros). De este modo es necesario incluir en el SM un convertidor de señal para recibir y cambiar los valores a variables físicas. Existen tres tipos de señales en un PLC: señales binarias, digitales y analógicas.

- Señales binarias, señal de un bit con dos valores posibles (“0” nivel bajo, falso o 1 nivel alto, verdadero), que se codifican por medio de un botón o un interruptor. Una activación, normalmente abre el contacto correspondiendo con el valor lógico “1”, y una no-activación con el nivel lógico “0”. Los límites de tolerancia se definen con interruptores sin contacto. Así el IEC 61131 define el rango de -3 - +5 V para el valor lógico 0, mientras que 11 - 30 V se definen como el valor lógico de “1” (para sensores sin contacto) a 24 V DC (Fig.12). Además, a los 230 V AC, la IEC 61131 define el rango de 0 – 40 V para el valor lógico de 0, y 164 – 253 V para el valor lógico 1.
- Señales digitales, se trata de una secuencia de señales binarias, consideradas como una sola. Cada posición de la señal digital se denomina un bit. Los formatos típicos de las señales digitales son: tetrad.
 - 4 bits (raramente utilizado), byte – 8 bits, word – 16 bits, double word.
 - 32 bits, double long word – 64 bits (raramente utilizado).

- Señales analógicas, son aquellas que poseen valores continuos, es decir, consisten en un número infinito de valores (ej. en el rango de 0 –10 V). Hoy en día, los PLCs no pueden procesar señales analógicas reales. De este modo, estas señales deben ser convertidas en señales digitales y vice-versa. Esta conversión se realiza por medio de SMs analógicos, que contienen ADC. La elevada resolución y precisión de la señal analógica puede conseguirse utilizando más bits en la señal digital. Por ejemplo, una señal analógica típica de 0 – 10 V puede ser con precisión (pasos para la conversión en una señal digital) desde 0.1 V, 0.01 V o 0.001 V de acuerdo con el número de bits que vaya a tener la señal digital.

2.5.9.7.7. Principio de funcionamiento de un PLC

Un PLC funciona cíclicamente, como se describe a continuación:

- Cada ciclo comienza con un trabajo interno de mantenimiento del PLC como el control de memoria, diagnóstico entre otros. Esta parte del ciclo se ejecuta muy rápidamente de modo que el usuario no lo perciba.
- El siguiente paso es la actualización de las entradas. Las condiciones de la entrada de los SMs se leen y convierten en señales binarias o digitales. Estas señales se envían a la CPU y se guardan en los datos de la memoria.
- Después, la CPU ejecute el programa del usuario, el cual ha sido cargado secuencialmente en la memoria (cada instrucción individualmente). Durante la ejecución del programa se generan nuevas señales de salida.

- El último paso es la actualización de las salidas. Tras la ejecución de la última parte del programa, las señales de salida (binaria, digital o analógica) se envían a la SM desde los datos de la memoria. Estas señales son entonces convertidas en las señales apropiadas para las señales de los actuadores. Al final de cada ciclo el PLC comienza un ciclo nuevo.

En la siguiente figura se muestra el ciclo de operación de un PLC Siemens S7-300 aunque el de otras empresas puede ser algo diferente.

Respecto al tiempo de reacción entre un determinado evento, se debe mencionar que este dependerá del tipo de ejecución de un ciclo del programa aplicado. De este modo, se define tiempo de reacción como aquel desde el momento de ocurrencia de un evento hasta el momento en el que se envía la correspondiente señal de control a la salida del PLC.

Finalmente es interesante saber que los PLCs modernos tienen la capacidad de operar bajo un modo de multitareas. Por ejemplo, un PLC puede trabajar simultáneamente en dos tareas diferentes (utilizando programas distintos). En la práctica, un PLC puede ejecutar solamente una tarea en cada momento, sin embargo, las CPUs de los PLCs trabajan tan extremadamente rápido que parece que el PLC ejecuta diferentes tareas simultáneamente.

El estándar IEC 61131 define una tarea como un elemento de ejecución de control, capaz de generar la ejecución de una secuencia de unidades organizadas de un programa (programas definidos) o basada en periodicidad (tareas periódicas) o basada en un evento (tarea no-periódica). Las tareas periódicas se ejecutan periódicamente sobre un tiempo ya definido, establecido por el usuario. Las tareas no-periódicas se ejecutan con la ocurrencia de un

determinado evento, relacionado con la tarea. El evento y la tarea se relacionan mediante una variable Booleana. Un bloque de prioridad de tareas se utiliza en las multitareas, el cual establece un plan de la prioridad de las tareas.

2.5.9.7.8. Programación para desarrollar un PLC Delta

Esta se puede realizar a través del software DELTA WPLSoft, que es fácil de usar. A continuación, se detalla el proceso de programación básico:

- Paso 1. Crear un nuevo proyecto. Abra el software Delta WPLSoft y seleccione New Project en la barra de herramientas principal. Seleccione el modelo de PLC que está utilizando y haga clic en “OK”.
- Paso 2. Crear los elementos de entrada y salida. Para crear los elementos de entrada y salida, haga clic en “I/O” en la ventana principal. A continuación, hay que seleccionar al dirección y tipo de entrada o salida y hacer clic en “Add”.
- Paso 3. Crear la lógica de control. Para programar la lógica de control, haga clic en “Ladder Program” en la ventana principal. A continuación, puede empezar a escribir las instrucciones en el diagrama de escalera. Utilice las distintas funciones disponibles en el menú de instrucciones para crear la lógica del control necesaria para el sistema.
- Paso 4. Descargar del programa al PLC. Una vez que el programa ha sido creado, debe descargarse en el PLC. Para ello, conecte el PLC al

ordenador utilizando un cable de programación y haga clic en “Download” en el menú principal. Esto transferirá el programa a la memoria del PLC.

- Paso 5. Verificar el programa. Para verificar que el programa se ha descargado correctamente, puede utilizar la herramienta de monitorización del software Delta WPLSoft. Esto permite ver el estado de los elementos de entrada y salida, así como el código de programa que se está ejecutando.

La programación de un PLC Delta es un proceso relativamente sencillo que puede realizarse utilizando el software de programación Delta WPLSoft. Con este software, se pueden crear programas de lógica de control más complejos para el PLC de Delta.

2.5.9.8. Simbología y referenciado de Bornes

Los bornes de conexión de los contactores se nombran mediante cifras o códigos de cifras y letras que permiten identificarlos, facilitando la realización de esquemas y las labores de cableado.

Los contactos principales se referencian con una sola cifra, del 1 al 6. Los contactos auxiliares están referenciados con dos cifras. Las cifras de unidades indican la función del contacto:

- 1 y 2, Contacto normalmente cerrado (N C) 3 y 4, contacto normalmente abierto (N A) 5 y 6, contacto de apertura temporizada.
- 7 y 8, contacto de cierre temporizado.

- La cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor.
- Las bobinas de un contactor se referencian con las letras A1 y A2. En su parte inferior se indica a qué contactor pertenece.
- El contactor se denomina con las letras KM seguidas de un número de orden.

2.5.9.9. Sensores

El sensor es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que sea posible cuantificar y manipular.

Estos dispositivos están formados de componentes pasivos como resistencias variables, PTC, NTC, LDR, entre otros. todos aquellos elementos que varían su magnitud en función de alguna variable, y la utilización de componentes activos. Los sensores empleados en la máquina corta bloques son de tipo inductivo utilizados para determinar el tamaño vertical y horizontal de las duelas, como el conteo y la detección de las mismas.

2.5.9.9.1. Sensores fotoeléctricos

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de censado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección,

clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida.

El sensor de luz más común es el LDR -Light Dependant Resistor o Resistor dependiente de la luz. Un sensor LDR es básicamente un resistor que cambia su resistencia cuando cambia la intensidad de la luz. Existen tres tipos de sensores fotoeléctricos, los sensores por barrera de luz, reflexión sobre espejo o reflexión sobre objetos.

A continuación, se va a detallar algunos parámetros que permiten elegir el sensor adecuado.

2.5.9.2. Tipo de material a ser censado

Es muy importante saber qué tipo de material se va a censar para poder elegir el dispositivo más adecuado para la aplicación que se desea, por ejemplo, un sensor diseñado para censar plástico no puede ser usado para censar metal y viceversa.

Por otro lado, los sensores opto electrónicos censan casi todo tipo de material sin importar su composición ya que su función se basa en la emisión y recepción de un haz de luz el mismo que choca con el material a ser censado, es

en este momento que el receptor del haz de luz envía una señal eléctrica al sistema de control.

2.5.9.9.3. Alcance del sensor

El alcance del sensor se refiere a la distancia máxima a la que el sensor puede detectar un objeto y enviar la respectiva señal al sistema de control. Los sensores optoelectrónicos tienen la ventaja de tener un alcance bastante grande debido a que su señal depende de un haz de luz enviado por un transmisor y por lo tanto se puede colocar el receptor a la distancia que se desee.

2.5.9.9.4. Sensibilidad del sensor

La sensibilidad del sensor se refiere a la cantidad de luz que se necesita para que el sensor se active o se desactive según sea el caso, la sensibilidad es muy importante debido a que un sensor muy sensible podría activarse con señales externas como por ejemplo la luz de una lámpara o la misma luz del día y por el contrario un sensor poco sensible podría fallar a la hora de censar elementos con un grado de transparencia.

2.5.9.9.5. Otros sensores

- **Sensores inductivos:** los sensores inductivos se utilizan para detectar materiales metálicos ferrosos. Se usan en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia de objetos metálicos, en acciones como conteo, de paso o de atascamiento. Estos sensores trabajan sin contacto, además la señal obtenida es análoga la cual depende de la distancia hacia el objeto a sensar. El sensor inductivo consta de tres partes que son: Oscilador, Schmitt-Trigger, Salida.

Este será utilizado en la máquina corta bloque.

Los sensores inductivos debido a su elevada conmutación del punto de trabajo se pueden emplear para determinar el sentido de giro y número de vueltas de un engranaje o eje.

Para la elección de un sensor inductivo hay que tomar en cuenta las características técnicas, presentadas por los fabricantes.

- Características mecánicas: grado de protección, arcasa, resistencia golpes.
- Características eléctricas: alimentación, consumo, corriente de carga nominal.
- Características de detección: histéresis, sensibilidad, objetos a detectar.
- Sensores de desplazamiento lineal por cable. Los encoders son dispositivos que se conectan mecánicamente a un eje con el objetivo de obtener la información de la posición angular de éste. Básicamente existen dos tipos de encoders: Incremental o por cuadratura y absoluto. Estos sensores combinan un encoder y un hilo de acero que, combinado con un sistema mecánico de recogida del cable, proporciona pulsos en función del desplazamiento del hilo.

Los recorridos van desde los 250 mm hasta los 12,000 mm. La resolución del encoder puede variar desde 1 mm hasta 0,04mm. Depende del número de marcas que se pueden poner físicamente en el disco.

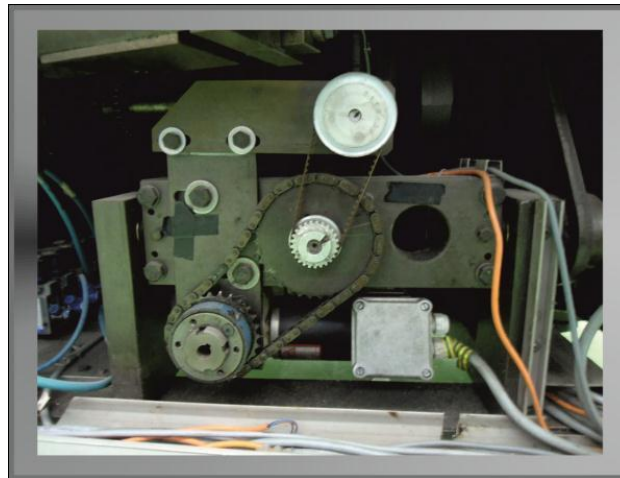
Además del tipo de montaje, voltajes de alimentación y tipo de señales de salida, los encoders se especifican por la cantidad de pulsos por revolución, lo que tiene relación a la precisión que se requiere.

Este dispositivo consta de un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí, de un sistema de iluminación y de un elemento foto receptor.

El eje cuya posición se quiere medir va acoplado al disco, a medida que el eje gira se van generando pulsos en el receptor cada vez que la luz atraviese las marcas, al llevar la cuenta de estos pulsos es posible conocer la posición del eje.

Figura 18.

Encoder



Nota. Encoder, sensor de desplazamiento lineal. Elaboración propia.

2.6. Los actuadores en la industria

Los actuadores son una parte importante de los dispositivos y la maquinaria industrial que ayudan a realizar movimientos físicos convirtiendo la energía, por lo general, eléctrica, neumática o hidráulica, en fuerza mecánica. En pocas palabras, es el componente de cualquier máquina que permite el movimiento.

A veces, para responder a la pregunta de qué hace un actuador, se compara el proceso con el funcionamiento del cuerpo humano.

Al igual que los músculos de un cuerpo que permiten convertir la energía en alguna forma de movimiento, como el movimiento de los brazos o las piernas, los actuadores funcionan en una máquina para realizar una acción mecánica.

Hoy en día, la automatización industrial y la robótica son dos campos en los que es imposible imaginar que se pueda hacer algo sin actuadores. Estas piezas permiten a las máquinas de producción desplazarse de un lugar a otro y agarrar objetos.

En este estudio se conocerán los diferentes tipos de actuadores industriales y cuáles son sus aplicaciones más importantes.

2.6.1. Definición de actuador industrial y cómo funcionan

Para Lorenzo (2021), un actuador industrial es un dispositivo que produce un movimiento mediante la conversión de la energía y las señales que entran en el sistema. El movimiento que produce puede ser rotativo o lineal.

Los actuadores lineales, como su nombre indica, producen un movimiento lineal. Esto significa que los actuadores lineales pueden moverse hacia adelante o hacia atrás en un plano lineal establecido. Es decir, una distancia establecida que puede viajar en cualquier dirección antes de que deban detenerse.

Por otro lado, los actuadores rotativos producen un movimiento de rotación, lo que significa que el actuador gira en un plano circular.

A diferencia del actuador lineal, el actuador rotativo no está limitado por una trayectoria determinada, lo que significa que puede seguir girando en la misma dirección durante todo el tiempo que sea necesario.

2.6.2. Función de los actuadores

Los actuadores se utilizan para mover y controlar un sistema o mecanismo. Para llevar a cabo su cometido, los actuadores necesitan una señal de control y una fuente de energía. Se utilizan mucho en válvulas, compuertas, transportadores, sistemas de control automático, entre otros. Por lo general, los actuadores comerciales realizan cualquiera de las dos funciones indicadas a continuación:

- Accionar un dispositivo como las válvulas de las tuberías
- Aplicar una fuerza o un par de torsión para elevar, girar o moldear

2.6.3. Los tipos de actuadores más utilizados en la industria

Los actuadores se utilizan para poner un elemento en funcionamiento de forma automática, tanto si una persona pone algo en marcha como si un ordenador pone en marcha un programa.

Por tanto, una parte del proceso consiste en determinar qué tipo de actuador es el más adecuado para la tarea en cuestión.

Para ello, los actuadores más utilizados en la industria pueden clasificarse según el movimiento que producen y la fuente de energía que utilizan.

2.6.3.1. Actuadores por el movimiento que producen

Los actuadores de movimiento pueden crear dos tipos principales de movimiento: lineal y rotativo.

- Actuadores lineales: como su nombre indica, son dispositivos que producen un movimiento dentro de una trayectoria recta. Pueden ser mecánicos o eléctricos y se ven sobre todo en dispositivos hidráulicos o neumáticos. Cualquier máquina, equipo o aparato que requiera algún tipo de movimiento rectilíneo suele tener un actuador lineal. En un actuador lineal simple, hay una tuerca, una tapa y un tubo deslizante. El tubo deslizante proporciona el espacio para el movimiento, mientras que la tuerca y la tapa proporcionan el movimiento de enclavamiento que mantiene el actuador en una trayectoria recta. Otros actuadores lineales complejos tendrán piezas adicionales, pero el sistema mencionado anteriormente es la base del movimiento recto.
- Actuadores rotativos: en contraste con los actuadores lineales, los actuadores rotativos crean un movimiento circular. Desde el término «rotatorio», la mayoría de las máquinas utilizan estas piezas giratorias para completar un movimiento de giro. A menudo se utilizan junto con un actuador lineal si una máquina requiere moverse hacia adelante, hacia atrás, hacia arriba o hacia abajo. Muchos actuadores rotativos se

alimentan de forma eléctrica, pero algunos se alimentan mediante un sistema hidráulico o neumático. Se pueden encontrar actuadores rotativos en limpiaparabrisas, ventiladores eléctricos o máquinas de fabricación que transportan mercancías de una zona a otra.

2.6.3.2. Actuadores por la fuente de energía que utilizan

Para distinguir aún más los diferentes tipos de actuadores, también se pueden clasificar según la fuente de energía o el sistema que utilizan para moverse. A continuación, se muestran los actuadores más comunes según la fuente de energía:

- Actuadores hidráulicos: funcionan mediante el uso de un cilindro lleno de fluido con un pistón suspendido en el centro. Por lo general, los actuadores hidráulicos producen movimientos lineales, y un resorte está unido a un extremo como parte del movimiento de retorno.
- Actuadores neumáticos: son una de las opciones más fiables para el movimiento de las máquinas. Utilizan gases presurizados para crear movimiento mecánico. Muchas empresas prefieren los actuadores neumáticos porque pueden realizar movimientos muy precisos, especialmente al arrancar y parar una máquina.
- Actuadores eléctricos: estos necesitan electricidad para funcionar. Algunos ejemplos conocidos son los coches eléctricos, la maquinaria de fabricación y los equipos de robótica. Al igual que los actuadores neumáticos, también crean un movimiento preciso ya que el flujo de

energía eléctrica es constante. Los diferentes tipos de actuadores eléctricos son:

- Actuadores electromecánicos: estos actuadores convierten las señales eléctricas en movimientos rotativos o lineales e incluso pueden ser capaces de combinar ambos.
- Actuadores electrohidráulicos: este tipo de actuador también se alimenta eléctricamente, pero da movimiento a un acumulador hidráulico. El acumulador proporciona entonces la fuerza para el movimiento, normalmente visto en equipos industriales pesados.
- Actuadores térmicos y magnéticos: estos suelen consistir en aleaciones con memoria de forma que pueden calentarse para producir el movimiento. El movimiento de los actuadores térmicos o magnéticos a menudo proviene del efecto Joule, pero también puede ocurrir cuando una bobina se coloca en un campo magnético estático. El campo magnético provoca un movimiento constante denominado fuerza de Laplace-Lorentz. La mayoría de los actuadores térmicos y magnéticos pueden producir una amplia y potente gama de movimientos sin dejar de ser ligeros.
- Actuadores mecánicos: algunos actuadores son de tipo mecánico, como las poleas o los sistemas de piñón y cremallera. Se aplica otra fuerza mecánica, como tirar o empujar, y el actuador aprovecha ese único movimiento para producir los resultados deseados. Por ejemplo, el giro de un solo engranaje en un conjunto de cremallera y piñones puede movilizar un objeto desde el punto A al punto B. El movimiento de tirón aplicado en la polea puede llevar el otro lado hacia arriba o hacia el lugar deseado.

2.6.3.3. Programación del sistema de la maquina corta bloques

La programación se realiza en el software Proficy Machine Edition, que permite la programación del PLC y la pantalla, siendo una herramienta única para control, visualización y movimiento que proporciona un entorno de desarrollo de ingeniería universal para todo tipo de programación, configuración y diagnóstico, obteniendo un menor tiempo de solución de averías, reducción de la formación y un diseño más eficiente y compacto, comparten una vez que se crea una variable, puede ser usada con facilidad en las demás funciones de la aplicación, Al mismo tiempo, los componentes de Proficy Machine Edition comparten herramientas de desarrollo comunes.

- Programación HMI: Proficy View, el componente de interfaz gráfica de Proficy Machine Edition, es una interfaz HMI intuitiva a nivel de máquina, para control de máquinas y aplicaciones de control de pequeños procesos. Es compatible con toda la línea de productos de interfaz de operador de PLC, incluidos QuickPanel y QuickPanel View, suministrando una completa escalabilidad, de las interfaces de operador más pequeñas a las mayores aplicaciones HMI, desde un único editor de gráficos. Un conjunto completo de funciones que abarca tanto recogida de datos y detección de tendencias como alarmas y seguridad del sistema La visualización posee un conjunto completo de características que le permitirá configurar y visualizar fácilmente cualquier aplicación.

Publicación de datos por Internet. Podrá usar cualquier navegador Internet estándar para acceder a los datos de producción, la información financiera y también a las pantallas gráficas.

Posee un cuadro de herramientas con más de 2.000 objetos preconfigurados, Basta hacer clic en los objetos deseados y arrastrarlos a su panel de gráficos, para modificarlos. Puede almacenar los objetos, incluso paneles, secuencias de comandos y grupos de alarma, y volverlos a usar en otras aplicaciones.

- Visualización HMI: en el HMI, además de configurar las condiciones de trabajo, se puede visualizar las fallas, permitiendo así conocer exactamente en qué parte del proceso se ha producido el error y corregirlo de una manera rápida, haciendo más eficiente la solución del problema.

También se muestran los errores o alarmas visuales, que se activan cuando existe un problema en la máquina, errores que no permiten el inicio del proceso o provocan la paralización del mismo. Estos errores pueden ser tanto operativos como de dispositivos dañados por diversas situaciones.

2.6.3.4. Principios básicos de la automatización

- Introducción a la automatización: en la actualidad, las empresas se ven en la necesidad de adaptarse con rapidez a las exigencias del mercado intentando adelantarse a sus competidores en un entorno en continuo cambio. La automatización de máquinas y procesos ha permitido mejorar la productividad y la calidad de los productos y la disminución de costes. Pero esto no es suficiente cuando un producto no obtiene éxito o su ciclo de vida se acorta como consecuencia de la aparición de un producto sustitutivo. La automatización tradicional no permite mejorar en este

aspecto. Las tecnologías de la información han propiciado un nuevo enfoque por el que la producción se contempla como un flujo del material a través del sistema productivo y que interacciona con todas las áreas de la empresa. De ello surge el concepto de Automatización Integrada (CIM, *Computer Integrated Manufacturing*), que persigue los siguientes objetivos:

- Reducir los niveles de *stock* y controlarlos en tiempo real
 - Disminuir los costes directos, mejorar la productividad y el control de calidad.
 - Aumentar la disponibilidad de las máquinas mediante la reducción de los tiempos de preparación.
 - Permitir la rápida introducción de nuevos productos.
 - Además, los equipos de control inteligentes deben integrarse en un único sistema en el que deben intercambiar información entre sí y con los sistemas informáticos de las otras áreas de la empresa, a través de medios como el Protocolo para la Automatización de la Producción (MAP), que permite la incorporación de diferentes equipos a un único entorno de comunicaciones.
- Conceptos básicos: la automatización de una máquina o proceso consiste en la incorporación de un dispositivo tecnológico que se encarga de controlar su funcionamiento. El sistema que se crea con la incorporación del dispositivo, denominado genéricamente automatismo, es capaz de reaccionar ante las situaciones que se presentan ejerciendo la función de control para la que ha sido concebido. Un sistema automatizado consta de:
 - La máquina o proceso que se quiere controlar

- Una unidad de control encargada de ejecutar las acciones necesarias.
- Un conjunto de controladores o elementos de interfaz entre la máquina y el control.

La información que utiliza la unidad de control es recogida por un conjunto de elementos denominados captadores. Esta información es el resultado de los cambios que tienen lugar en el estado de la máquina o proceso como consecuencia de su función. Por otra parte, la unidad de control genera órdenes que se transmiten a la máquina a través de actuadores, que transforman dichas órdenes en magnitudes o cambios físicos en el sistema mediante la aportación de potencia.

En resumen, se trata de un proceso en lazo cerrado, en el que existe un flujo continuo de información desde la máquina o proceso a la unidad de control y viceversa. La información recibida en la unidad de control se trata según un método especificado previamente que se conoce como algoritmo de control del sistema, del que se obtienen las acciones que conducirán al funcionamiento de la máquina o proceso.

Además, la unidad de control es capaz de proporcionar información ya elaborada sobre el estado y evolución del sistema al operador del mismo.

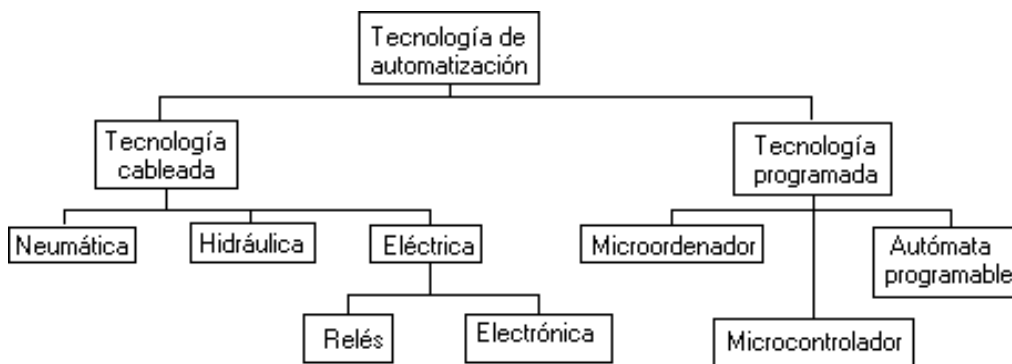
Por otra parte, el operador puede intervenir en el desarrollo del control mediante las consignas que modifican los parámetros del algoritmo de control o tomar el mando total pasando el sistema a control manual.

2.6.3.5. Sistemas cableados, sistemas programados: tipología y características

Las tecnologías empleadas en la automatización pueden clasificarse en dos grandes grupos: tecnologías cableadas y tecnologías programadas o programables

Figura 19.

Tecnologías empleadas en la automatización



Nota. Diagrama de tecnologías. Elaboración propia, realizado con Word.

Los automatismos cableados se realizan a base de uniones físicas de los elementos que constituyen la unidad de control. La forma en que se establecen dichas uniones se determina por la experiencia o por un planteamiento teórico empleando las ecuaciones lógicas o el álgebra de Boole. Los circuitos de los esquemas serán aplicables a dispositivos neumáticos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos.

La tecnología cableada ha sido y es extensamente empleada en la industria, pero presenta ciertos inconvenientes:

- En general ocupa mucho espacio
- Poca flexibilidad ante modificaciones o ampliaciones
- Es difícil la identificación y resolución de averías
- No están adaptados a funciones de control complejas

La disponibilidad de equipos programables (microprocesadores), inició la aplicación de la tecnología programable en el medio industrial.

2.6.3.6. Micro procesador

Un microprocesador es un dispositivo con capacidad para leer una secuencia de instrucciones (programa almacenado), en código binario y ejecutar distintas acciones dependiendo del tipo de instrucción.

Todos los equipos micro programables, además del microprocesador, disponen de una memoria donde almacenar el programa que ejecutan y los datos con los que opera el programa, y de unas unidades de entrada/salida mediante las cuales el microprocesador se comunica con el entorno exterior.

Palma (2020), indica que los microprocesadores se aplicaron allí donde la cantidad de información y la complejidad del algoritmo de control hacían extremadamente complicado el empleo de equipos cableados; un campo particularmente propicio fue el de la industria de proceso (química, petroquímica).

2.6.3.7. Microordenadores

Los microordenadores, cuya capacidad de tratamiento de la información estaba probada en aplicaciones de cálculo y gestión, si bien paliaban los

inconvenientes de las técnicas cableadas, aportaban una nueva problemática para su empleo generalizado en el control industrial por los siguientes motivos:

- Poco adaptados a las condiciones del medio industrial
- Requerían personal especializado para la programación y mantenimiento
- Coste elevado del equipo

Hoy en día, en los procesos industriales el ordenador es más empleado en tareas de supervisión, comunicado con la red de autómatas o de microcontroladores, funciones de procesamiento y almacenamiento de datos, presentación gráfica de resultados, visualización del estado del proceso, entre otros., que en las específicas de control.

A principios de la década de los 70 empezó a aplicarse con éxito un nuevo dispositivo programable, el autómata programable industrial, paralelamente a la difusión de la tecnología del microprocesador. El autómata surgió como alternativa a la aplicación de los equipos informáticos en la industria y se ha constituido en el principal dispositivo programable empleado en control industrial.

El autómata programable, PLC (*Programmable Logic Control*), es un equipo electrónico con el que pueden controlarse procesos secuenciales en tiempo real en aplicaciones industriales de diversos tipos. Las ventajas que incorpora son:

- Fiabilidad
- Mejora el control de los procesos
- Permite introducir cambios rápidos en las maniobras y en los procesos
- Controla y protege los aparatos eléctricos
- Reduce el volumen de los automatismos

- Aumenta el grado de seguridad de las instalaciones que controla

La tercera opción de la tecnología programada es el microcontrolador que es un dispositivo que ofrece en un único circuito integrado: un microprocesador, memoria de programa (ROM) y de datos (RAM), y unidades de entrada y de salida que posibilitan su comunicación con el entorno industrial, es decir, con el proceso en el que interviene.

Esta es la solución más sencilla y económica pero no proporciona la fiabilidad y la seguridad de funcionamiento en condiciones extremas o en ambientes industriales de los autómatas programables ni la potencia de cálculo y proceso del ordenador.

Sin embargo, son muy populares en electrodomésticos, máquinas de oficina, automóviles, videoconsolas, y otras aplicaciones donde el medio ambiente es limpio y confortable o donde un fallo en la función de control no supone que el proceso controlado se paralice.

3. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA MÁQUINA

3.1. Generalidades de la máquina corta bloques Pedrini M580

Debido a que la máquina es de 1986, no se cuenta con los diagramas eléctricos de la misma y ha sufrido varios cambios en su estructura eléctrica y mecánica. Se contactó a la fábrica para conseguirlos y en la fábrica esta máquina se encuentra descontinuada, por motivos de antigüedad, por lo tanto, no se cuenta con diagramas eléctricos, electrónicos y mecánicos para realizar sus respectivos cambios según su diseño original.

La máquina se encuentra fuera de uso según los operarios desde hace más de 3 años, cuando se intenta encender, el indicador LED se pone en verde, pero luego de eso no obedece ninguna instrucción.

También la máquina completa está repleta de polvo, casi todos los dispositivos tienen polvo en el interior.

3.2. Acometida eléctrica

El brake principal se encuentra recalentado de las terminales y también los conductores que están conectados en él. Este dispositivo tiene capacidad para 250 Amperios y el voltaje en las líneas que es de 440 V.

El conductor eléctrico es un dé (0/1), un cero y de material de aluminio, llega al tablero eléctrico de la máquina, a una caja porta fusibles, los cuales tiene un valor nominal de 200 Amperios.

Figura 20.

Tablero electro en condición inicial



Nota. Al realizar la visita técnica para diagnosticar el estado de la máquina. Elaboración propia.

3.3. Cableado eléctrico

Conductores eléctricos del panel sin identificación y recalentados, en algunos de los dispositivos no se encuentran bien conectados los cables en sus terminales, estas se encuentran algunas recalentadas y otras con los tornillos de sujeción dañados.

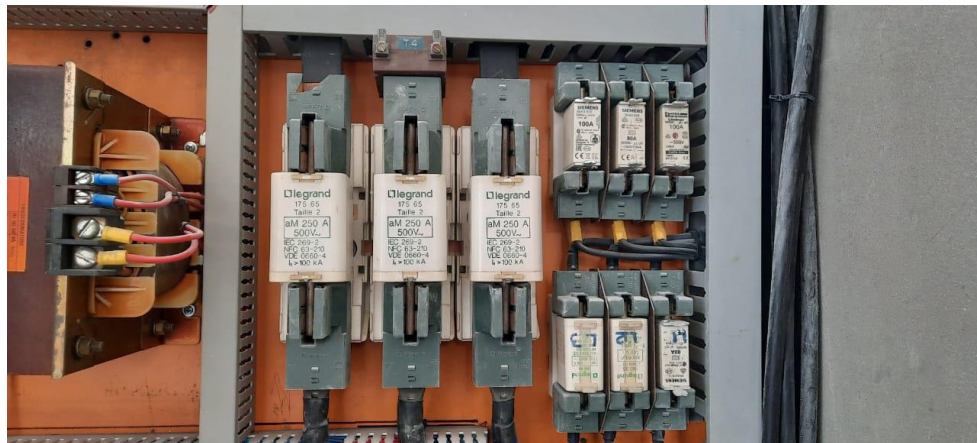
3.4. Disyuntor

Este dispositivo no se encuentra, el sistema lo que tiene son fusibles industriales, que actualmente no se encuentran en el mercado nacional, en la

salida le hace falta una de las líneas de 440 V, esto hace que la máquina no encienda, ya que el sistema se protege.

Figura 21.

Fusibles del sistema de potencia



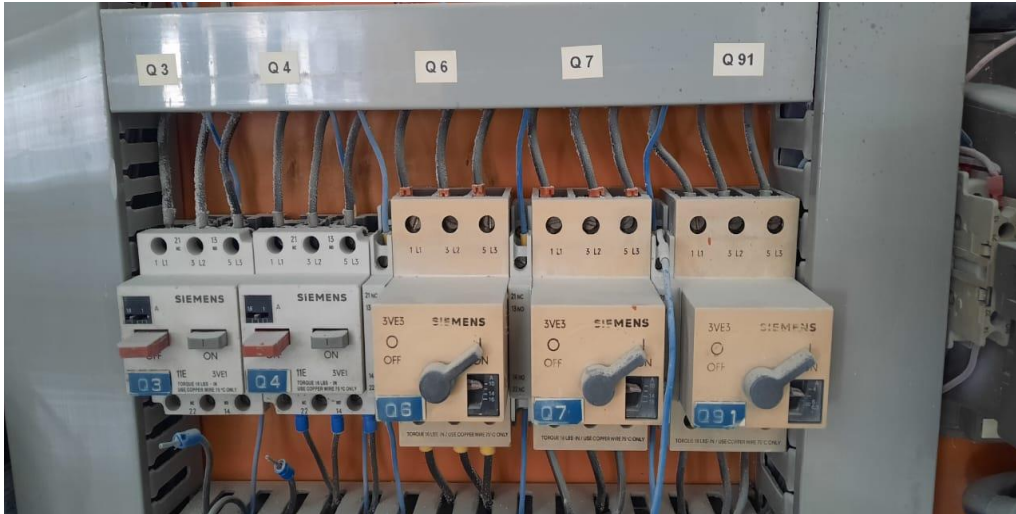
Nota. Son dispositivos pequeños de seguridad que forman parte de las instalaciones eléctricas, los cuales se funden cuando la corriente alcanza ciertos valores excesivos. Elaboración propia.

3.5. Guarda motores

Dispositivos funcionando de manera incorrecta, algunos se encuentran recalentados y a otros no les llega las tres líneas de voltaje a sus bornes.

Figura 22.

Guarda motores antiguos del sistema



Nota. Durante la visita técnica realizada, se encontró desgaste de los guardamotores, y por ser muy antiguos no hay existencia de los mismos, se tiene que buscar los equivalentes. Elaboración propia.

3.6. Contactores

Sirven para abrir y cerrar circuitos eléctricos, y algunos tienen la bobina abierta y otros no enclavan bien.

Figura 23.

Contactores antiguos del sistema



Nota. Estos no realizan bien su trabajo de enclavamiento, por tal razón los sistemas funcionan en ciertas ocasiones y en otras no. Elaboración propia.

Figura 24.

Panel de control automático



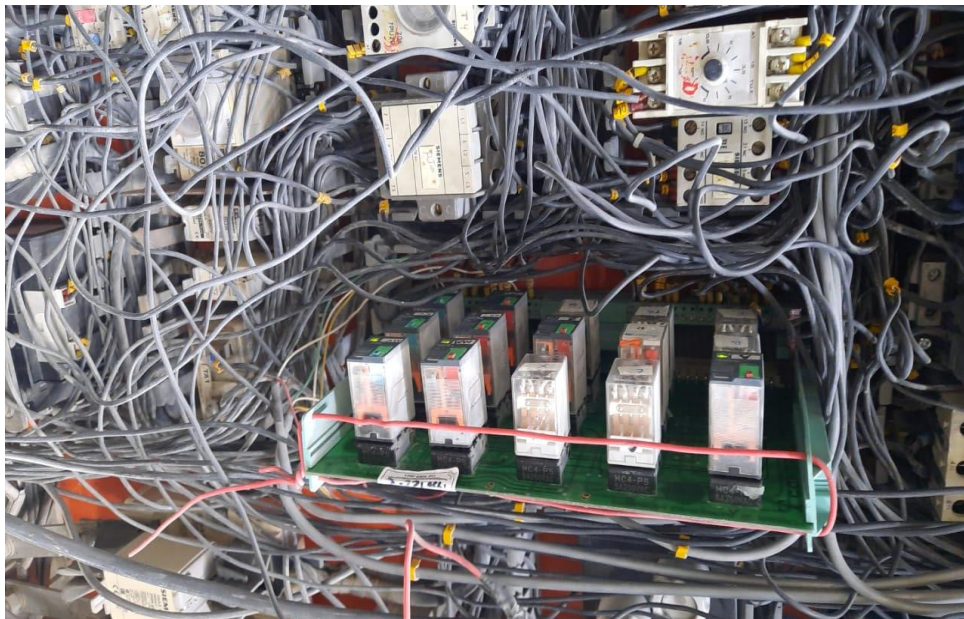
Nota. son botones de posición y también los indicadores de las acciones realizadas por la máquina en cada momento, permite realiza los cambios en la máquina de manera manual para ajustarla a las necesidades que se tengan en ese momento. Elaboración propia.

3.7. Tarjeta de control

Esta cuenta con dieciocho relés de 24 VCD y ocho de 24 VCA, de los cuales 12 tienen abierta la bobina y la tarjeta tiene ya varias reparaciones sobre los circuitos impresos, estos tienen recalentamiento y por consiguiente existen pistas levantadas y otras quebradas, por lo tanto, la tarjeta no funciona correctamente.

Figura 25.

Tarjeta antigua del programador y contador



Nota. En esta imagen se puede visualizar la falta de mantenimiento preventivo al equipo, esta tarjeta y el cableado debería de estar en condiciones óptimas del funcionamiento para evitar paros innecesarios del funcionamiento. Elaboración propia.

Figura 26.

Tarjeta de control



Nota. Tarjeta aparenta ser relativamente nueva, y tiene varios daños en sus circuitos impresos de recalentamiento, también tiene cuatro relés que se encuentran dañados, por tal motivo algunas acciones no se realizan y la máquina tira alarmas en los indicadores. Elaboración propia.

3.8. Controlador y programador

Tomando en cuenta que la tarjeta de control principal tiene varios daños en sus circuitos impresos, es muy razonable entender que este dispositivo enciende, pero no realiza el conteo de las longitudes en vertical y tampoco manda la señal para activar los saltos en el movimiento horizontal, y por consiguiente no puede llevar un conteo de las duelas que va produciendo.

3.9. Motores eléctricos

Se realizó un diagnóstico básico de los motores, se probaron fuera del sistema, eléctricamente no se encontraron daños, sin embargo, los cojines se encuentran con mucho juego y ruido al momento de ponerlos en funcionamiento.

Figura 27.

Motor de corte vertical



Nota. Al realizar el diagnóstico de los motores eléctricos, se encontró que las piezas mecánicas tienen desgaste y es necesario realizar el cambio, ajuste y calibración de eje de transmisión y los cojinetes. Elaboración propia.

3.10. Conectores y terminales

Los conectores y borneras que realizar la conexión entre los actuadores, el panel de control y el panel eléctrico, se encuentran atascados de polvo, con oxido y corrosión, existen varios cables desconectados y la identificación de los mismo ya se no lee.

Figura 28.

Conectores y terminales



Nota. Es necesario desconectar los cables de cada dispositivo eléctrico y electrónico para revisar que las conexiones de las terminales se encuentren en buen estado y lograr así una buena continuidad de las señales eléctricas. Elaboración propia.

3.11. Variadores de velocidad

La máquina cuenta con dos variadores, los cuales se retiraron de sistema y se probaron aparte, uno de ellos se encuentra mal parametrizado y el otro se encuentra dañado, está muy recalentado y no deja entrar a la programación.

Uno de los variadores se utiliza para controlar el avance y retroceso del disco de corte y el otro para controlar la velocidad de los movimientos del puente en su forma horizontal y vertical, en diferentes momentos o sea de derecha a izquierda o arriba y abajo, según corresponda.

Figura 29.

Variadores de velocidad del sistema antiguo



Nota. Estos variadores necesitan la configuración de sus parámetros según la placa característica de sus respectivos motores y también la información del fabricante, ambos deber ser dimensionados según sus consumos de energía. Elaboración propia.

3.12. Mantenimiento preventivo

- Limpieza de tablero eléctrico: después de haber detallado las fallas de la máquina, es evidente que muchas de ellas son el resultado de la falta de mantenimiento preventivo al sistema completo.
- Limpieza de tablero de control: es de suma importancia que los botones, selectores, pulsadores, finales de carrera, todo lo que se relacione con el control del sistema se mantenga libre de polvo, humedad, suciedad, aceite o grasa, en esta situación es razonable que se encuentra así la máquina ya que han pasado más de 3 años desde que no la utilizan, pero en general es importante mantenerla totalmente limpia.
- Engrase de piezas móviles: en la parte de mecanismos, se encontró, que la máquina no estaba nivelada en sus cuatro columnas, debido a desgastes en los tornillos sin fin y las tuercas de los mismos. Las coronas y los piñones que se acoplan al sistema de transmisión y a los tornillos sin fin tienen desgaste en gran manera. También las vigas de carga, en sus rodos se encuentra con oxido, lo que hizo que el puente en algún punto se cruzara y a su vez que el sistema completo sufra tanto de forma mecánica como de forma eléctrica, ya que, al forzar las piezas mecánicas, esto hace que los dispositivos eléctricos se recalienten e incluso que exista un corto circuito y este llegue hasta la tarjeta principal de control y al programador y contador. Después de realizar una revisión minuciosa en las partes mecánicas de la máquina se observa que le hace falta lubricación y también aceite hidráulico al sistema.

4. DAÑO DE PIEZAS MECÁNICAS

4.1. Fajas

En el área de mecánica se refiere a una correa o cinturón que se utiliza para transmitir la fuerza de un motor o un motor eléctrico a una serie de piezas móviles en un sistema mecánico. Las fajas se usan comúnmente para girar poleas, ruedas dentadas o engranajes y pueden estar hechas de diferentes materiales, incluyendo caucho, nylon o cuero.

Las fajas son esenciales para la transmisión de energía en muchas máquinas y equipos mecánicos, como motores de máquinas industriales que es la que se utiliza en este caso, las fajas de los motores de corte tanto horizontal como vertical son de diez unidades por cada polea.

La faja transfiere la energía del motor eléctrico por medio de la polea al eje que sujeta los discos de corte. En este caso las fajas se encontraron muy estiradas, de tal forma que, al encender el motor eléctrico que gira junto con la polea, todas las fajas no se mueven, haciendo que el disco de corte pierda fuerza y hasta pueda pararse.

4.2. Piñones

Es un componente mecánico que se utiliza en la transmisión de potencia entre dos ejes. Es un engranaje pequeño con dientes que encajan en los dientes de un engranaje más grande llamado corona. El piñón generalmente tiene forma de disco y se utiliza para aumentar la velocidad de giro del eje que acciona o para

reducir la velocidad del giro del eje que recibe la potencia. Estos se utilizan en una amplia variedad de máquinas y dispositivos, desde la bicicleta hasta maquinas industriales, como es este caso. La máquina utiliza 6 piñones que están interconectados a un sistema mecánico de transmisión que, a su vez, hace que las cuatro coronas que se encuentran en cada una de las columnas giren, y al hacer la revisión se observó que cuatro de ellos tienen desgaste, por lo tanto, el movimiento en el eje Y, que es el de arriba y abajo a veces se desnivele.

Figura 30.

Piñones dañados



Nota. Piñones para transmisión de potencia. Elaboración propia.

4.3. Coronas

En el área de la mecánica, una corona es una pieza circular dentada que encaja con otras piezas dentadas para transmitir el movimiento entre ellas. Las coronas son comúnmente utilizadas en los sistemas de transmisión de vehículos, en transmisiones mecánicas, en motores eléctricos y en dispositivos que requieren la transferencia de energía a través de engranajes como es el caso de

esta máquina. Las coronas están interconectadas tanto a los tornillos sinfín, como a los piñones, el estado de las coronas está bien, ayudo bastante que tuvieran mucha grasa EP 2.

Figura 31.

Coronas en revisión y mantenimiento



Nota. Corona para transmisión de movimiento. Elaboración propia.

4.4. Tornillo sinfín

Es un mecanismo de transmisión de movimiento que consta de un eje cilíndrico llamado tornillo y una rueda dentada cilíndrica llamada sinfín. El sinfín tiene una única hélice en su superficie y su función es mover el tornillo, transmitiendo el movimiento de rotación perpendicularmente. Este tipo de mecanismo se utiliza en muchas aplicaciones, como en maquinaria industrial,

elevadores, grúas, frenos, y como también en el caso de esta máquina. El tornillo sinfín es muy eficiente, ya que permite una gran reducción de velocidad y proporciona un alto grado de precisión y estabilidad. Se realizó una inspección visual y se llegó a la conclusión de que los cuatro se encuentran en buen estado, no se realizaron revisiones con micrómetros para evaluar el desgaste ya que visualmente estaban muy bien, lo que les faltaba era realizar el cambio de la grasa.

4.5. Lubricación y engrase

Estos procesos se utilizan para reducir la fricción y el desgaste entre diferentes piezas móviles de una máquina.

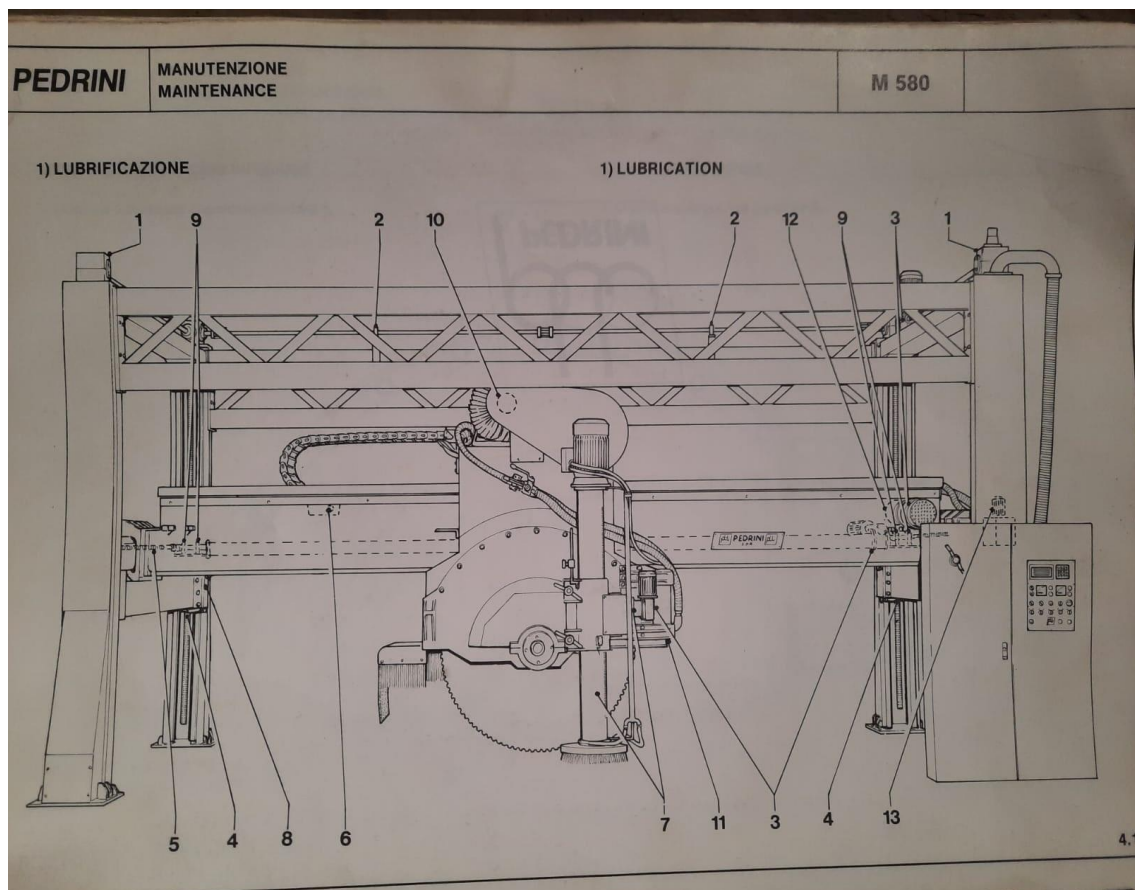
La lubricación es el proceso por el cual se aplica la lubricación a las diferentes piezas móviles de una máquina, con el objetivo de reducir la fricción y el desgaste entre ellas. Los lubricantes pueden ser aceites, grasas, emulsiones, entre otros y deben ser elegidos en función de las características de cada máquina y de las condiciones de trabajo a las que se enfrentará.

El engrase, por su parte, se refiere al proceso de aplicar una capa de grasa o aceite en un punto específico de una máquina, como puede ser un eje o una cadena. El objetivo del engrase es proteger las piezas contra la fricción y el desgaste, así como aumentar su durabilidad y mejorar su rendimiento.

La lubricación y el engrase son procesos fundamentales en el mantenimiento de cualquier máquina, ya que permiten reducir los costes de reparación y sustitución de piezas, así como aumentar su eficiencia y productividad. En este caso la grasa utilizada es la EP2 y el aceite es el Omala 220. Y definitivamente la máquina necesita mejor sistema de

mantenimiento de engrase y realizarlo con una frecuencia de una vez por semana, ya que la mayoría de las piezas mecánicas están expuestas y se llenan de polvo y agua, por el proceso que realiza la máquina.

Figura 32. Diagrama de partes básicas de engrase



Nota. Esta imagen ilustra los puntos vitales y necesarios de engrase y mantenimiento preventivo de la máquina, haciendo el mantenimiento preventivo se logra evitar paros incensarios en el tiempo de la producción. Obtenido de PIEDRINI S.A. (1982). *Manual de máquina corta bloques de mármol M580.* (p. 25). PIEDRINI S. A.

4.6. Mantenimiento preventivo a cajas reductoras

Al momento de realizar el mantenimiento a las cajas es importante incluir lo siguiente:

- Verificación visual: inspeccionar si hay signos de desgaste o roturas en los dientes y engranajes de las cajas reductoras, y si se observa alguna anomalía se deben efectuar reparaciones inmediatas.
- Lubricación: es importante mantener una buena lubricación en las cajas reductoras, con aceite adecuado para la caja reductora según las especificaciones del fabricante.
- Inspección de sellos: verificar si los sellos están en buenas condiciones y, de ser necesario, cambiarlos para evitar fugas de aceite.
- Inspección de rodamientos: verificar si los rodamientos están en buenas condiciones, y si se observan signos de desgaste o daños, se debe efectuar reparaciones inmediatas
- Verificación de la temperatura: monitorear la temperatura de la caja reductora, ya que un aumento en la temperatura puede indicar un problema de lubricación o de fricción.
- Inspección de la protección: asegurarse de que el dispositivo de protección esté en su lugar y en buenas condiciones para evitar cualquier riesgo de accidente.

- Pruebas de carga: estas pruebas son necesarias periódicamente para verificar el rendimiento y detección temprana de cualquier problema.

Después de realizar los mantenimientos preventivos a las cajas reductoras, el diagnóstico es que se encuentran en buen estado para su utilización.

4.7. Mantenimiento de los motores eléctricos

El mantenimiento eléctrico de un motor es esencial para garantizar su funcionamiento eficiente y prolongar su vida útil. El mantenimiento consiste en una serie de medidas que se deben realizar periódicamente para prevenir falla o averías que puedan afectar el rendimiento del motor y su funcionamiento. Algunas de las tareas en el mantenimiento preventivo del motor eléctrico pueden ser:

- Inspección visual: se debe realizar una revisión ocular del motor eléctrico para detectar signos de deterioro como corrosión, grietas, desgaste, entre otros.
- Lubricación: es importante verificar los niveles de lubricante en el motor y asegurarse de que estén en los niveles adecuados.
- Revisión y ajuste de conexiones y terminales: las conexiones y terminales del motor pueden aflojarse o corroerse con el tiempo, lo que puede causar una reducción del rendimiento del motor. Por lo tanto, se debe realizar una inspección y reparación de las mismas si es necesario, como en este caso.

- Limpieza: es importante eliminar acumulación de suciedad y polvo en el motor eléctrico, lo que puede obstruir los conductos de ventilación y provocar un sobrecalentamiento. Otro problema que se encontró en esta máquina.

4.8. Pruebas eléctricas

Estas pruebas son importantes para medir la resistencia, la continuidad y la corriente del motor, lo que ayuda a detectar posibles problemas y a repararlos antes de que se produzcan fallas.

El mantenimiento preventivo del motor eléctrico incluye tareas de inspección, revisión, limpieza y reparación, lo que permite garantizar su funcionamiento eficiente y prolonga su vida útil.

Al realizar el mantenimiento preventivo básico de los motores se llegó a la conclusión que los seis motores básicos de la máquina se encuentran en buen estado y pueden utilizarse para hacer las pruebas básicas en modo manual.

Figura 33.

Revisión y mantenimiento de motores eléctricos



Nota. Motores eléctricos en mantenimiento. Elaboración propia.

4.9. Inspección visual

Se detectó signos de desgaste en algunos de los cojinetes, acumulación de polvo y suciedad, en las partes externas de los motores.

4.10. Lubricación

Los motores necesitan lubricación sobre las piezas móviles, como los rodamientos, con el fin de reducir la fricción y el desgaste de las piezas.

Figura 34.

Motores a lubricar



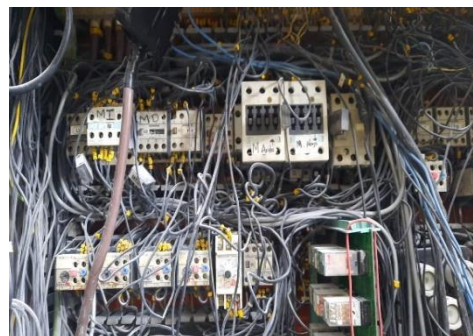
Nota. Motores para lubricación. Elaboración propia.

4.11. Revisión y ajuste de conexiones y terminales

Se revisaron los cables y las conexiones eléctricas en busca de signos de daño, tensión o deformación sobre los mismos, y se encontraron cables recalentados.

Figura 35.

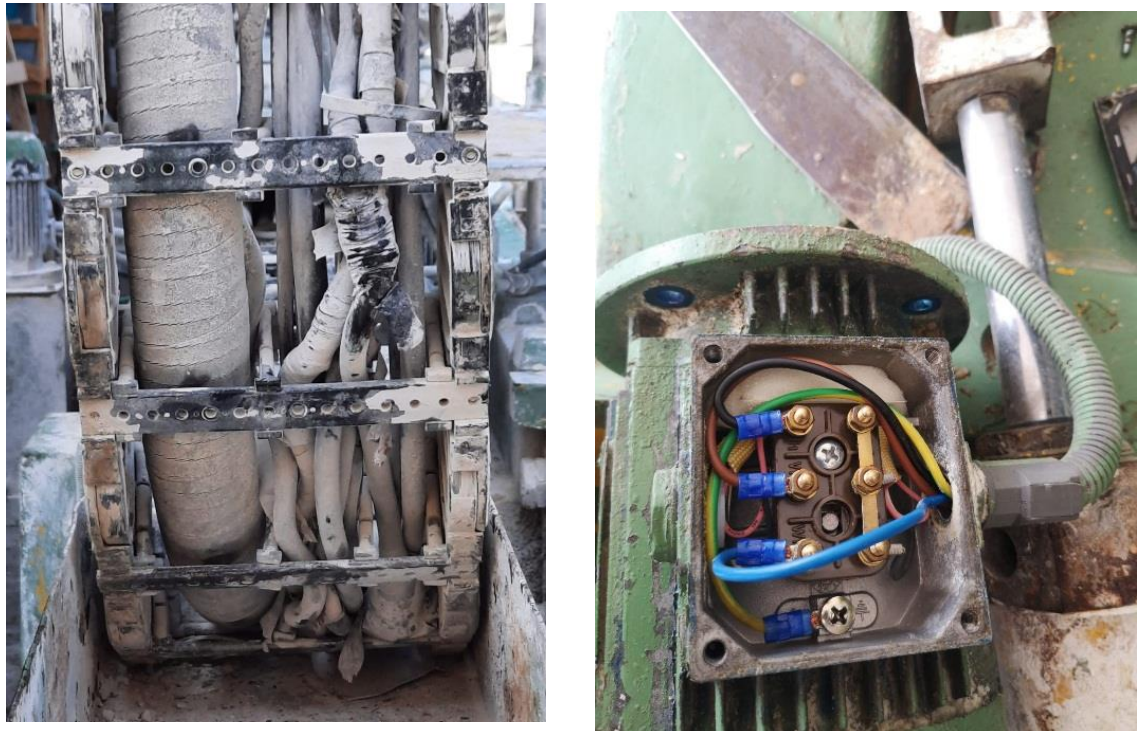
Revisión y ajuste de conexiones y terminales



Nota. Dispositivos para ajuste. Elaboración propia.

Figura 36.

Revisión y mantenimiento de cableado



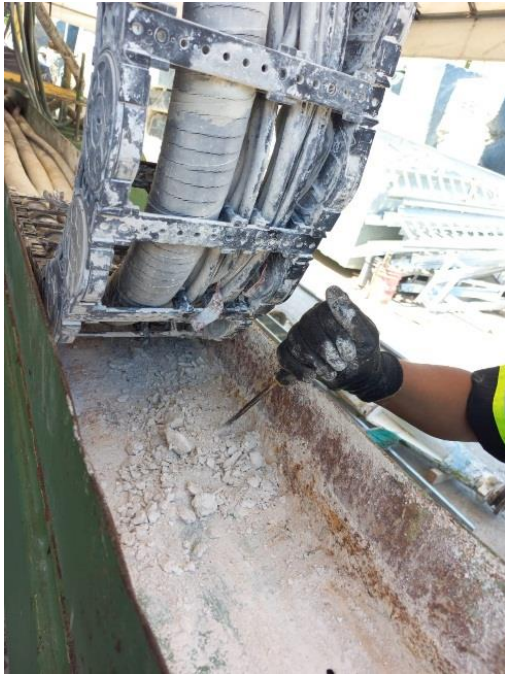
Nota. Cableado en mantenimiento. Elaboración propia.

4.12. Limpieza interna y externa de la máquina

Canaleta de cableado principal en el puente, con exceso de polvo. Para ponerla en operación otra vez la máquina es necesario realizar una limpieza extrema en todos los sistemas que la conforman, tanto de las piezas mecánicas como de las piezas eléctricas y electrónicas, ya que la máquina se encuentra sometida a condiciones de polvo y humedad al extremo.

Figura 37.

Limpieza de la máquina completa



Nota. Máquina en proceso de limpieza. Elaboración propia.

5. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA APLICAR EL RETROFITTING

5.1. Implementación de un PLC

- Identificación de necesidades y objetivos: en esta etapa se define cuáles son las necesidades de control que se deben cubrir y los objetivos a lograr con la implementación del PLC.
- Diseño del sistema: en esta etapa se define la arquitectura del sistema, se identifican los dispositivos y sensores que se utilizarán, se determinan los parámetros de control y se elabora un esquema de programación inicial.
- Selección de hardware: en esta etapa se selecciona el PLC adecuado para las necesidades del proyecto. Se debe tener en cuenta el tipo de entrada y salida requerida, la cantidad de entradas y salidas, la capacidad de procesamiento y el tamaño físico.
- Programación del PLC: en esta etapa se elabora el software del PLC utilizando un lenguaje de programación especializado para este tipo de dispositivos. El software se carga en el PLC a través de un cable de programación.
- Configuración y pruebas: en esta etapa se configura el PLC para interactuar con los dispositivos y sensores del sistema, se prueban las funciones de control y se ajustan los parámetros de programación según sea necesario.

- Implementación y puesta en marcha: en esta etapa se instala el sistema en la posición final y se realizan las pruebas finales para asegurarse de que el sistema funciona correctamente. El sistema se pone en marcha y se realiza una prueba de funcionamiento en condiciones normales de operación.
- Mantenimiento continuo: es importante mantener el sistema actualizado y realizar labores de mantenimiento preventivo y correctivo para asegurar su correcto funcionamiento y evitar tiempos de inactividad que puedan afectar la producción de la empresa.

5.2. Determinar el proceso de automatización

- Encendido y apagado de los motores de corte: este proceso es controlado por la pantalla HMI, lo primero que hace es genera un cambio Delta-Estrella, configuración que pertenece a los motores que consumen en el arranque un alto amperaje. Esta acción se genera a través de señales de control por parte del PLC, que son enviadas a los componentes del sistema de control del motor.
Para encender un motor, el PLC manda una señal que envía energía a la bobina del contactor principal, que se encuentra en el circuito de alimentación del motor, lo que provoca que el contactor se cierre y se envíe corriente eléctrica al motor. Simultáneamente, el PLC envía señales de control a los componentes del sistema de control del motor para garantizar que el motor opere de forma segura y eficiente.
Para apagar el motor, el PLC desactiva la señal que enviaba energía a la bobina del contactor principal, lo que provoca que el contactor se abra y se interrumpa la corriente eléctrica al motor. Al mismo tiempo, el PLC envía señales de control para que los componentes del sistema de control

del motor realicen las acciones necesarias para garantizar que el motor se detenga correctamente y de forma segura. El encendido y apagado de un motor con un PLC implica el control de señales eléctricas y la coordinación de los componentes del sistema de control de motor para garantizar su correcto funcionamiento y la seguridad del personal y equipo.

- Avance y retroceso del puente de corte: este proceso se controla por medio de un sistema hidráulico, cuando se activa la bomba hidráulica, la presión del líquido aumenta y se mueve a través de las mangueras del sistema hidráulico, el líquido fluirá hacia la dirección deseada a través de una válvula de control esto le permite avance o retroceso según la necesidad. Los movimientos son controlados por válvulas, que se abren o cierran para permitir que el líquido fluya en la dirección deseada. Estas válvulas están diseñadas para controlar la rapidez del flujo del líquido y la cantidad de presión que se transmite al cilindro para mover los discos de corte.
- Movimiento derecha e izquierda del puente de corte: este proceso es controlado por un motoreductor, un motor eléctrico que acciona un conjunto de engranajes y poleas que reducen la velocidad y aumentan el torque de un motor. El movimiento de izquierda a derecha se logra cambiando la polaridad de una corriente eléctrica que se suministra al motor. Si el motor gira sentido horario para cambiarle el sentido es necesario invertir la polaridad del motor, lo que hace que gire en sentido anti horario. En este caso el motor tiene un sistema que realiza esta inversión automáticamente. El límite de las distancias está determinado por la programación que se encuentra en el HMI

- Movimiento arriba y abajo del puente de corte: este proceso es controlado por un motoreductor, un motor eléctrico que acciona un conjunto de engranajes y poleas que reducen la velocidad y aumentan el toque de un motor. El movimiento de arriba y abajo se logra cambiando la polaridad de una corriente eléctrica que se suministra al motor. Si el motor gira sentido horario para cambiarle el sentido es necesario invertir la polaridad del motor, lo que hace que gire en sentido anti horario. En este caso el motor tiene un sistema que realiza esta inversión automáticamente. El límite de las distancias está determinado por sensores de final de carrera que activan o desactivan señales en el PLC.
- Encendido y apagado de los motores de corte

5.3. Selección de componentes

Este es un proceso crítico para el diseño, ya que puede afectar el rendimiento y la fiabilidad del sistema. Al elegir los actuadores se debe tener en cuenta una serie de factores como, por ejemplo, el rango de movimiento, la velocidad, la fuerza, la precisión, la durabilidad y la compatibilidad con otros componentes del sistema.

- Actuadores: la elección del tipo de actuador adecuado dependerá de las necesidades específicas del sistema y del entorno en el que se utilizará. Es importante que el diseño se realice con pruebas exhaustivas de los actuadores antes de integrarlos en el sistema para garantizar su rendimiento óptimo y la fiabilidad del sistema.

Algunos de los actuadores más utilizados en la automatización son:

- Actuadores hidráulicos
 - Actuadores neumáticos
 - Motores eléctricos
 - Actuadores electromagnéticos
-
- **Sensores:** es un dispositivo electrónico que se utiliza para detectar, medir, monitorear o controlar diferentes variables físicas o químicas como la temperatura, la presión, la humedad, la posición, el movimiento, la velocidad, su objetivo principal en automatización es recopilar información del entorno y enviarla a un procesador o controlador, que se encarga de tomar decisiones en función de la señal recibida, por tal razón los sensores son esenciales en la automatización de diversos procesos industriales, ya que permiten controlar las variables en tiempo real y ajustar los parámetros para optimizar el rendimiento, reducir costos y mejorar la calidad del producto.

Algunos de los sensores más utilizados en la automatización son:

- Sensor de movimiento
 - Sensor de posición
 - Sensor de temperatura
 - Sensor de presión
 - Pulsadores
-
- **Pulsadores:** son componentes muy utilizados en la automatización de procesos industriales. Se trata de dispositivos que permiten la activación o desactivación de un sistema mediante la presión manual de un botón. Pueden ser de dos tipos: momentáneos y conmutables, pueden ser diseñados para trabajar en diferentes condiciones ambientales, como

humedad, presión alta y baja temperatura, lugares donde hay mucho polvo, entre otros.

En la automatización son empleados en conjunto con otros componentes, como contactores, relés, y sistemas de control.

Su función es crucial para el funcionamiento de los sistemas automáticos, ya que permiten la activación manual de los sistemas, la verificación del estado de los mismos, y en algunos casos, el reinicio del proceso.

5.4. Instalación y configuración de componentes

Una vez identificados los dispositivos eléctricos y electrónicos que se deben de instalar, es sumamente importante dedicarle tiempo al diseño de los diversos esquemas eléctricos y electrónicos necesarios para el desarrollo de las aplicaciones. Es importante resaltar la identificación de los componentes eléctricos, el tipo de cableado a utilizar, los fusibles, los interruptores, los conductores, entre otros.

- Diseño de los esquemas eléctricos: se debe diseñar los esquemas eléctricos y electrónicos necesarios para el funcionamiento correcto del tablero.
- Selección de componentes: es necesario elegir los componentes eléctricos adecuados, seleccionando en función al tipo y cantidad de corriente eléctrica y voltaje que se va a manejar.
- Montaje de tableros: este se debe montar siguiendo los esquemas eléctricos y electrónicos diseñados, teniendo en cuenta las normas de seguridad eléctrica.

- Instalación de los componentes eléctricos y electrónicos: estos dispositivos se deben instalar en su lugar correspondiente, conectándolos de acuerdo con el esquema eléctrico o electrónico, según sea el caso.

Entre los dispositivos más comunes se tienen, contactores, relés, temporizadores, protecciones térmicas, guardamotores, entre otros.

5.5. Configuración del software

Una vez que se ha instalado en hardware, es necesario configurar el software de automatización para que funcione correctamente. Esto incluye la programación de los controladores de lógica programable, la configuración de los ajustes de los sensores y actuadores, y la creación de las interfaces de usuario personalizadas.

5.6. Pruebas y ajustes

Finalmente, es necesario realizar pruebas exhaustivas del sistema de automatización para asegurarse de que todo funciona correctamente. Esto puede incluir la realización de pruebas de rendimiento, pruebas de seguridad y pruebas de integración para garantizar que todos los componentes del sistema trabajen juntos de manera efectiva.

6. ANÁLISIS COMPARATIVO

6.1. Sistema de control

En términos generales, la conclusión de un sistema de control se refiere al resultado final de una evaluación que se hace respecto al desempeño del sistema.

Esta evaluación se realiza con el fin de determinar si el sistema está cumpliendo con los objetivos y las metas establecidas, o si requiere ajustes o mejoras para lograr un mejor desempeño.

Esta es una evaluación precisa del desempeño del sistema, identificando los aspectos que están funcionando bien y los que necesitan ser mejorados. También debe dar a conocer los resultados específicos que se han logrado, ya sea en términos de ahorro de costos, aumento de la eficiencia o mejoras en la calidad del producto o servicio.

6.1.1. Situación antes del retrofitting de la máquina corta bloques Pedrini M 580

Después de más de 25 años de uso, la máquina ha sufrido varias modificaciones y cambios en su diseño original. Las piezas de hierro fundido han sufrido varios desgastes y también tiene oxidación debido al uso continuo y la exposición a la humedad. Además, algunos tornillos y tuercas están flojos, algunos otros ni siquiera los tiene puestos, lo que afecta la estabilidad de la máquina al estar funcionando.

La velocidad del avance y retroceso no se puede controlar bien, a veces funciona y otras veces no, las dos vigas de carga y el sistema de rodos se encuentran con oxido y bastante humedad, además de no tener nada de lubricante, en la parte eléctrica también se encontraron varios desperfectos igual debido a que la máquina ha sufrido varias modificaciones del diseño original tiene dispositivos eléctricos que están mal dimensionados, algunos están muy por arriba del amperaje con el que funcionan y otros casi al límite de su capacidad de funcionamiento, como el lugar de trabajo es muy húmedo y también se encuentra mucho polvo, los dispositivos eléctricos y electrónicos se encuentran bastante deteriorado, por tal motivo algunos de los dispositivos funcionan a medias y otros no funcionan.

6.1.2. Situación después de realizar el retrofitting a la máquina corta bloques Pedrini M 580

Después de la realización del mantenimiento preventivo y también del correctivo, la máquina ha demostrado un buen funcionamiento, la máquina se volvió a calibrar y se puso a nivel, se verificó que los ajustes necesarios en las piezas mecánicas fueran los adecuados y también que la lubricación se encontrará en su manera óptima. En la parte eléctrica se realizó el cambio de los dispositivos que se encontraron dañados y se implementó el uso del PLC, lo que garantiza un funcionamiento seguro y confiable de la máquina corta bloques, todas estas mejoras lograron minimizar los costos de las reparaciones siguientes y maximiza la vida útil del equipo.

Ahora la máquina es altamente eficiente y confiable, las funciones de corte y procesamiento se han integrado completamente en el sistema de control central, lo que permite una mayor precisión y velocidad en la producción.

El servoaccionamiento se ha mejorado significativamente, permitiendo un control más preciso sobre la velocidad y la posición de los discos de corte. Además, los dispositivos de entradas de material funcionan con sensores de línea y de proximidad, lo que garantiza un funcionamiento seguro y sin interrupciones.

El sistema de control del PLC es altamente intuitivo y fácil de usar, con una interfaz de usuario clara y sencilla. Además, el sistema también cuenta con herramientas de monitoreo y diagnóstico para detectar y solucionar problemas rápidamente. Es indiscutible que la automatización con el PLC ha mejorado significativamente la eficiencia, la precisión y la fiabilidad de la máquina corta bloques, lo que ha aumentado la producción y reducido los errores en la línea de producción.

6.2. Mejora de la eficiencia de la producción

Al aplicar el retrofitting en la máquina corta bloques Pedrini M 580, ahora es un proceso que utiliza tecnología para realizar tareas rutinarias y respectivas que normalmente son llevadas a cabo por seres humanos cuando no hay automatización.

Al automatizar estos procesos, se puede mejorar la eficiencia de la productividad, ya que permite liberar tiempo y esfuerzo, reducir errores y aumentar la capacidad de producción. Una de las principales ventajas de la automatización industrial es la velocidad y precisión con la que se pueden realizar las tareas.

Los sistemas automatizados pueden trabajar de manera constante y sin detenerse, lo que significa que pueden llevar a cabo más trabajo en menos

tiempo. También son capaces de hacer el mismo trabajo una y otra vez sin fatigarse o cometer errores, lo que mejora la calidad del producto y reduce la cantidad de trabajo que debe ser corregido. Otra de las ventajas de la automatización industrial es su capacidad de realizar tareas peligrosas o insalubres que serían perjudiciales para los trabajadores. Al automatizar estas tareas, se puede prevenir lesiones y enfermedades, lo que contribuye a la salud y la seguridad en el lugar de trabajo.

Por otro lado, la automatización también puede ayudar a reducir los costos laborales y mejora el rendimiento general de la empresa. Al liberar a los trabajadores de las tareas rutinarias, pueden enfocarse en tareas más importantes y estratégicas que requieren de habilidades humanas, como la toma de decisiones, la creatividad y la resolución de problemas complejos. Al mejorar significativamente la eficiencia y la productividad de una empresa al reducir los errores, acelerar el trabajo, mejorar la calidad del producto, aumentar la seguridad en el lugar de trabajo, reducir los costos laborales y permitir a los trabajadores enfocarse en tareas más importantes y estratégicas.

6.2.1. Disminución de los tiempos de paro

Los equipos y maquinarias pueden tener problemas técnicos que pueden generar paros en la línea de producción. Antes de la implementación de un PLC, estos paros eran más frecuentes y tardaban más tiempo en solucionarse.

A través de la implementación de un control lógico programable, se pueden definir los controles de seguridad y monitoreo que permitirá el correcto funcionamiento de los equipos y maquinarias. El PLC también permite la detección temprana de problemas técnicos, el registro de datos y el monitoreo en tiempo real de procesos, lo que ayuda a la toma de decisiones y a la solución

rápida de problemas. Con la disminución de los tiempos de paro, se pueden producir los costos operativos y aumentar la productividad.

La implementación de un PLC (controlador lógico programable), permite la automatización de procesos industriales y mejora los tiempos de repuesta en una producción. El uso de un PLC reduce los tiempos de paro en las líneas de producción, ya que se aplican controles programados para evitar errores en el proceso, lo que resulta en una producción más eficiente y rentable.

6.2.2. Datos en tiempo real

Los datos en tiempo real en un sistema que utiliza un control lógico programable (PLC), se refiere a la información que se adquiere, procesa y transmite en tiempo real desde los diferentes sensores, actuadores y componentes del sistema de control.

Los datos en tiempo real pueden ser de diferentes tipos, como, por ejemplo, nivel de temperatura, presión, velocidad, posición, tiempo de ciclo, son los que se utilizan en esta máquina, pero dependiendo de la aplicación específica del sistema puede haber más variables a controlar.

En el PLC, los datos son procesados en tiempo real mediante diferentes módulos de procesamiento, como entradas y salidas digitales, entradas y salidas analógicas y módulos de comunicación, estos datos pueden ser almacenados en la memoria interna del PLC o pueden ser transmitidos en tiempo real a otros dispositivos externos y ser guardados desde allí.

La información en tiempo real adquirida y procesada por el PLC se utiliza para llevar a cabo diferentes tareas de control, como el monitoreo y control de

procesos industriales, la automatización de líneas de producción, el control de motores, la vigilancia de alarmas y según sea la aplicación pueden existir más. Todos los datos que se obtienen en tiempo real los muestra el PLC, son esenciales para lograr un control efectivo y eficiente del sistema controlado.

6.2.3. Mayor visibilidad de los procesos para la toma de decisiones

En el proceso de producción el PLC recopila información de los sensores o detectores de control de procesos y ejecuta la acción correspondiente según la programación previamente realizada. Esto se lleva a cabo mediante comparación de las señales de entrada con los umbrales predefinidos y activación de las señales de salidas correspondientes. La programación del PLC implica una secuencia de instrucciones y acciones basadas en criterios como la entrada de información, las condiciones ambientales o temporales y el resultado de las acciones anteriores.

El set de instrucciones incluye las operaciones aritméticas y lógicas, la manipulación de variables, las operaciones de entrada/salida y podrían existir otras según las necesidades de la aplicación. En la toma de decisiones en procesos de producción, un PLC permite tomar decisiones precisas y rápidas, lo que aumenta la eficiencia y la calidad de la producción.

La programación del PLC es clave para garantizar un rendimiento óptimo durante los procesos de producción automatizados por tal razón la toma de decisiones en un proceso de producción tiene como idea principal el buen funcionamiento y algoritmos lógicos en el controlador lógico programable.

La máquina antes de realizarle el retrofitting no contaba con la capacidad de brindar toda esta información, ya que no existía en su sistema ningún tipo de

modulo electrónico que realizara dicho trabajo, debido a que en el momento de su diseño no se tenía la tecnología al alcance de todo el público, con el paso de los años las tecnologías han quedado al alcance de los fabricantes y con ello se ha logrado tener información indispensable para la toma de decisiones, como por ejemplo, al realizar un pedido de un metraje de material saber el tiempo de ejecución y de paro que podría tener la máquina corta bloques para poder darle al cliente una fecha exacta de la entrega del mismo.

En la pantalla (HMI), que es la interface entre el operador y la máquina se muestra información sobre la demanda que tiene la máquina corta bloques con respecto a su mantenimiento preventivo que es esencial para que, en el momento de realizar un trabajo de un pedido grande, se pueda tener la certeza de que la máquina no tenga fallos intermitentes durante ese proceso y lograr a tiempo con el cumplimiento del pedido.

7. ANÁLISIS FINANCIERO

Se presenta un análisis financiero después de aplicar un retrofitting, a la máquina corta bloques Pedrini M 580, que en este caso consiste en llevar a cabo un sistema de automatización, realizando la implementación de un PLC.

Los datos que se van a utilizar a continuación no son los reales de la operación realizada en la empresa, ya que por motivos de confiabilidad los datos reales no se pueden exponer.

- Costo de la máquina corta bloques sin automatización: \$50,000.00
- Costo del sistema de automatización: \$15,000.00
- Tiempo de vida útil de la máquina corta bloques sin automatización: 10 años.
- Tiempo de vida útil del sistema de automatización: 5 años.
- Gastos de mantenimiento anuales de la máquina corta bloques sin automatización: \$2,500.00.
- Gastos de mantenimiento anuales del sistema de automatización: \$1,500.00.
- Productividad actual de la máquina corta bloques sin automatización: 100 metros cuadrados por hora.
- Productividad estimada con el sistema de automatización: 150 metros cuadrados por hora.
- Precio por metro cuadrado: \$ 1.00.00.

Basado en los datos anteriores, se pueden calcular los siguientes resultados:

Ahorro en gastos de mantenimiento anuales con la automatización:

- Gastos de mantenimiento de la máquina sin automatización: \$2,500 al año.
- Gastos de mantenimiento del sistema de automatización: \$1500 al año.
- Ahorro anual: \$ 1,000.00.
- Aumento en la productividad.
- Productividad actual, 100 metros cuadrados por hora.
- Productividad estimada con la automatización: 150 metros cuadrados por hora.
- Aumento en la productividad: 50 metros cuadrados por hora.
- Ahorro anual en costos laborales.

○ Producción anual

- 50 metros cuadrados por hora X 8 horas al día x 250 días al año= 100,000 metros cuadrados al año.
- 100,000 metros cuadrados X \$1.00.00 del costo por metro cuadrado = \$100,000.00 en ingresos adicionales.
- El costo de la inversión es la automatización es de \$15,000.00, por lo que el retorno de la inversión se calcula de la siguiente manera:

○ Retorno de la inversión

- Ahorro anual en gastos de mantenimiento: \$1,000.00
- Ingresos adicionales anuales: \$100,000.00

- Ingresos totales anuales: \$101,000.00
- Retorno de inversión anual = $(101,000 - 50,000 - 1,500) / 15,000$.
- Retorno de inversión anual = 3.28 años.

Por lo tanto, se puede decir que la inversión en el sistema de automatización se justifica financieramente, ya que se recupera en aproximadamente 3.28 años.

Además, la máquina tendrá una mayor capacidad de producción y la empresa podrá generar mayores ingresos, lo que dará lugar a una mayor rentabilidad a largo plazo.

7.1. Indicadores de OEE

OEE (Overall Equipment Effectiveness), es un indicador clave de desempeño que se utiliza en la automatización industrial para medir la eficiencia de un equipo de producción. El OEE se calcula como el producto de tres factores: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.

La disponibilidad mide el tiempo en que el equipo está listo para operar en comparación con el tiempo total disponible. El rendimiento mide la tasa de producción real en comparación con la tasa de producción teórica. La calidad mide la cantidad de productos buenos producidos en comparación con la cantidad total de productos producidos.

El OEE se utiliza para identificar oportunidades de mejora en la producción, identificar cuellos de botella en la línea de producción y mejorar la

calidad del producto. Al mejorar el OEE, se pueden mejorar la productividad y la rentabilidad de la empresa.

Utilizando este tipo de tecnología y las herramientas para desarrollar ese proceso de automatización, se pueden identificar algunas de los posibles resultados:

- **Mejorar la eficiencia:** la automatización puede reducir el tiempo y los recursos necesarios para llevar a cabo tareas repetitivas y rutinarias, lo que mejora la productividad y la eficiencia de la organización de la producción.
- **Reducción de errores:** la automatización puede minimizar el riesgo humano y reducir los errores en los procesos, lo que a su vez disminuye los costos de los errores y aumenta la calidad del trabajo.
- **Ahorro de costos:** la automatización puede reducir los costos de la empresa al minimizar la necesidad de contratar personal adicional para realizar tareas manuales y repetitivas.
- **Mejora la precisión:** la automatización puede proporcionar resultados más precisos y consistentes, lo que ayuda a garantizar la calidad y la precisión de los procesos.
- **Mayor escalabilidad:** la automatización puede mejorar la capacidad de la organización para escalar y adaptarse a cambios en la demanda del mercado o al crecimiento del negocio.

- Mayor velocidad: la automatización puede mejorar la velocidad de los procesos y reducir el tiempo necesario para realizar tareas, lo que mejora la entrega de productos y servicios a los clientes.
- Retroalimentación en tiempo real: la automatización puede proporcionar una retroalimentación en tiempo real y análisis de datos que ayudan a los negocios a medir y mejorar el rendimiento de los procesos, y a tomar decisiones basadas en datos.

Todos estos posibles resultados pueden contribuir a mejorar la calidad del trabajo y a aumentar la competitividad de la organización.

7.2. Implementación

La implementación de la tecnología de la corta bloques Pedrini M 580 ha demostrado excelentes resultados en términos de eficiencia y precisión en el corte de las piedras naturales. La máquina utiliza discos de diamante continuos y tiene la capacidad de cortar bloques de hasta tres metros de longitud y dos metros de altura, lo que la convierte en una herramienta ideal para trabajos de gran alcance en la producción. En las pruebas, se han experimentado una reducción significativa en los tiempos de producción en comparación de la máquina funcionando anteriormente. La Pedrini M 580 corta a una velocidad de hasta 150 metros por hora, lo que se traduce en una reducción de costos y un aumento en la eficiencia del proceso de producción.

Además, luego de haberle aplicado el mantenimiento preventivo y correctivo se logró evitar bordes fracturados o fisurados y aumento la calidad del acabado final en el corte. La máquina permite diferentes configuraciones de corte, lo que ha permitido diferentes tipos de espesores o grosores.

7.3. Aumento de la eficiencia

La automatización industrial utilizando un PLC tiene como ventaja la capacidad para aumentar la eficiencia en los procesos de la fabricación. Existen varias maneras en las que un PLC puede mejorar la eficiencia de una línea de producción, tales como:

- Control preciso de los procesos: el PLC permite el control preciso de los procesos de producción, lo que elimina la necesidad de intervención humana. Esto reduce los errores y mejora la calidad del producto.
- Reducción del tiempo de inactividad: el tiempo de inactividad es uno de los mayores desafíos en cualquier línea de producción. Con un PLC, las paradas de producción pueden ser detectadas de forma automática y resueltas rápidamente, reduciendo el tiempo de inactividad y aumentando la productividad.
- Control remoto: los PLC modernos pueden ser programados y supervisados a través de una conexión de internet, lo que permite el control remoto de la línea de producción. Esto significa que los ingenieros pueden solucionar algunos de los problemas de producción desde fuera de la fábrica y al mismo tiempo monitorear todos los procesos de los equipos. En este equipo, este sistema quedo instalado, tiene un costo extra el uso del mismo, solo es agregar la corta bloques a la red y realizar el pago correspondiente al servidor para tener acceso a este servicio.
- Adaptación rápida: los PLCs pueden ser programados para adaptarse rápidamente a las necesidades cambiantes de la producción y puede controlar múltiples procesos simultáneamente. Esto significa que los

cambios en los flujos de producción pueden ser realizados sin comprometer la eficiencia o la calidad.

En conclusión, con la implementación del PLC se puede lograr que la empresa mejore la eficiencia de producción, reduzca el tiempo de inactividad, mantenga su calidad y control preciso en los procesos.

7.4. Mejora de la calidad

La corta bloques Pedrini M 580 es una máquina utilizada en la industria de la piedra para realizar cortes en los tamaños deseados. La calidad en el proceso de corte es esencial para garantizar la satisfacción del cliente y la eficiencia en el proceso de producción. En este sentido, la automatización de la corta bloques Pedrini M 580 ofrece una mejora significativa en la calidad del corte y en la eficiencia del proceso.

Una de las principales mejoras que ofrece la automatización en la corta bloques Pedrini M 580 es la precisión en el corte. Al utilizar un sistema de programación de corte, la máquina puede realizar cortes más precisos y uniformes en cada bloque de piedra. Esto reduce los errores humanos y mejora la calidad del producto final.

Otra mejora significativa es la velocidad en la que se realiza el proceso de corte. El mantenimiento preventivo y correctivo de la corta bloques permite que realice los cortes de una manera más rápidamente, lo que significa que se pueden producir más metros cuadrados de baldosas en menos tiempo. Esto aumenta la productividad y la eficiencia del proceso. Además, la automatización también mejora la seguridad en los procesos de producción. Al minimizar la intervención humana en el proceso del corte, se reducen los riesgos de

accidentes laborales y garantiza un ambiente de trabajo más seguro. Estas mejoras se traducen en una mayor productividad y una satisfacción de la clientela mejorada, lo que contribuye al crecimiento y éxito de la empresa.

7.5. Reducción de costos

Con la implementación de un sistema de automatización industrial, se podría reducir significativamente el tiempo de producción y la cantidad de trabajadores necesarios, mejorando la eficiencia y precisión del proceso. Todas las tareas repetitivas y precisas en los cortes, con la ayuda del PLC funcionan de manera continua y sin errores, lo que disminuye los tiempos de paradas y la necesidad de inspecciones. Otra manera de reducir los costos es a través del monitoreo y análisis de datos en tiempo real, por medio del PLC, ya que este genera dashboards, utilizando sensores y sistemas de control automatizados para detectar posibles problemas o desperdicios en el proceso de producción.

Gracias a estos datos, la empresa podría optimizar su uso de materiales y energía, lo que resultaría en ahorros significativos en costos. Con esta tecnología implementada se pueden reducir notablemente los costos asociados a la mano de obra y los errores humanos, además de optimizar el uso de materiales y energía. Esto daría como resultado una producción más eficiente y rentable.

Un dashboard es una herramienta de gestión de la información que monitoriza, analiza y muestra de manera visual los indicadores clave de desempeño (KPI), métricas y datos fundamentales para hacer un seguimiento del estado de un proceso específico o una empresa.

7.6. Flexibilidad

En la automatización industrial se refiere a la capacidad de los sistemas automatizados para adaptarse a diferentes procesos y necesidades de producción, de forma rápida y eficiente. Esta flexibilidad se logra mediante la integración de componentes en los sistemas, que permiten reprogramación de equipos y la personalización de procesos según las demandas del mercado. Uno de los principales beneficios de la flexibilidad en la automatización industrial es la posibilidad de cambiar los procesos de producción sin tener que detener la producción, lo que genera una menor interrupción en la cadena de producción y una reducción en los costos asociados con el tiempo de inactividad.

La flexibilidad también permite la producción de múltiples productos en una sola línea, lo que reduce los costos de producción y aumenta la capacidad de respuesta frente a las fluctuaciones del mercado.

Mientras más a la vanguardia se encuentren las empresas en el mundo de la automatización su eficiencia y productividad se mejorará, por ejemplo, otro factor que influye en la flexibilidad de la automatización industrial es el uso de los robots y sistemas de visión artificial que permite el reconocimiento y la adaptación a diferentes formas y tamaños de piezas, lo que facilita la adaptación de los procesos. Esta tecnología todavía no se está aplicando en este trabajo, pero es hacia donde se tiene que migrar en un futuro no muy lejano.

Cabe mencionar que la industria del mármol es diferente a otras, ya que, por motivos de las composiciones del material mineral, no existe una receta estándar para su uso, sino que depende de cada bloque los parámetros utilizados en el corte, y es aquí donde toma importancia la flexibilidad que ofrece la implementación del PLC, ya que por medio de la pantalla HMI, se puede modificar

los parámetros necesarios, para poder realizar un corte de la manera más eficiente. La flexibilidad es la automatización industrial es un elemento clave en la competitividad de las empresas, ya que les permite adaptarse a los cambios en el mercado y mantener su eficiencia y productividad a largo plazo.

8. MANUAL BÁSICO DE USUARIO DE LA CORTA BLOQUES DE MARMOL PEDRINI M 580

8.1. Generalidades de la máquina

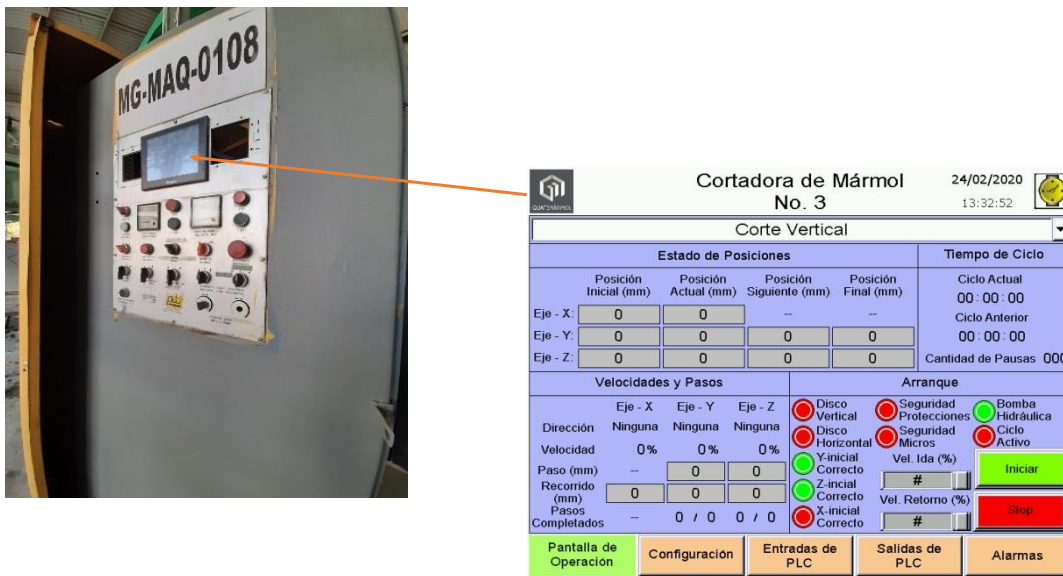
Máquina semiautomática para la separación o corte de bloques de mármol, granito u otras rocas ígneas por medio de discos circulantes con diamante en el borde diseñados para este propósito, las características básicas de la misma se describen a continuación.

- Capacidad de corte: bloques de 1780 mm x 2800 mm x 2500 mm
- Piezas que se pueden extraer del bloque: duelas de 1000 mm a 4500 mm de altura y 1000 mm hasta 2800 mm de longitud y con un grosor entre cortes desde 0.10 mm a 0.50 mm, con un disco de 1200 mm de diámetro.
- Herramienta de corte: capacidad de 10 discos de corte máximo de 1200 mm de diámetro con 13 separadores tipo dona.
- Llave de cola para ajuste de tuercas de sujeción de los discos de corte.
- Carro porta bloques: soportado por rieles de acero incrustado en el piso del marco estructural de la máquina, que tiene una capacidad de 1850 mm x 2900 mm en el área de plataforma de carga con una transmisión de rodamiento mecánica eléctrica operada desde el panel de control con un interruptor que indica la posición de ingreso y egreso del mismo.

- Panel de control o mandos: pantalla digital de comunicación al controlador automático y controlador analógico para el control manual.

Figura 38.

Paneles de control automático y manual



Nota. Esta pantalla digital (HMI) permite interactuar con la máquina para poder configurar los cortes del material a diferentes medidas, según la necesidad del cliente. Elaboración propia.

8.2. Funcionamiento u operación de la corta bloques modo manual para realizar corte

- Previo a encender el equipo se deberá revisar la posición del puente y los discos en posición inicial de manera que se encuentren libres de contacto con cualquier superficie o material.

- Se coloca el botón de paro de emergencia (tipo hongo color rojo), fuera de enclavamiento con un ligero giro a la derecha, después se coloca el interruptor de encendido general en posición ON (encendido).
- Se coloca el botón de funcionamiento automático en OFF.
- La corta bloques se puede manejar de manera manual o automática.
- La primera forma de utilizarla es manual.
 - Para dirigir el puente de corte hacia arriba o abajo se deben presionar los botones que indican el eje “Y”, según corresponda.
 - Para dirigir el puente de corte hacia la derecha o izquierda se deben presionar los botones que indican el eje “Z”, según corresponda.
 - Para dirigir el puente de corte hacia adelante o hacia atrás se deben presionar los botones que indican el eje “X”, según corresponda, para que este movimiento se pueda realizar, antes hay que encender el sistema hidráulico, tanto de refrigeración como de aceite.
 - En este mismo movimiento de recorrido en X se puede realizar el corte horizontal que determina la altura de la duela a recortar y con el movimiento en Z se profundiza el corte para separarlo de la base, normalmente se hace el recorrido completo del ciclo izquierda a derecha completos.

Estos son los movimientos que se generan en el puente estructural y es sumamente importante comprenderlos.

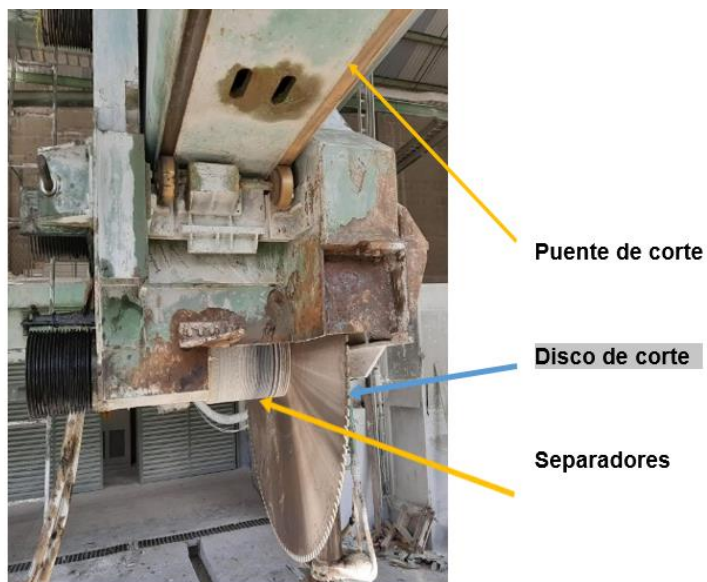
- La corta bloques cuenta con un motor principal de corte y sus discos.

8.3. Arranque motor principal

Previo al arranque deberá revisar que el tornillo principal de sujeción de Discos este apretado correctamente hacia la derecha que no exista dobleces o lastimaduras o falta de diamantes en los lbordes de los discos de corte, ya revisado proceder a arrancar el motor.

Figura 39.

Partes básicas del puente de corte



Nota. Puente de corte y su señalización. Elaboración propia.

Figura 40.

Panel de control manual



Nota. Este se utiliza para poder verificar que todos los sistemas de la máquina funcionen de manera individual y correcta, también sirve para llevar el disco de corte a su punto de inicio. Elaboración propia.

8.4. Identificación de los botones del equipo

- Botón de encendido general
- Botón de selección de modo manual o automático
- Control de encendido y apagado del motor de corte vertical
- Control de encendido y apagado del motor de corte horizontal
- Control del motor de ajuste de nivel vertical.
- Control de velocidad de avance y retroceso de los discos de corte
- Control de la bomba hidráulica para avance y retroceso del puente.
- Control de movimiento para avance y retroceso del puente, en el eje “X”
- Control de movimiento para subir o bajar del puente en el eje “Y”

- Control de movimiento para derecha o izquierda del puente en el eje “Z”
- Botón de paro de emergencia
- Control de amperaje de los discos de corte

8.5. Pruebas básicas de funcionamiento de la corta bloques Pedrini M 580

Estas se deben de realizar antes de poner a trabajar la máquina en modo automático, para estar seguros de que la probabilidad de falla será menor al momento de ponerla a trabajar en largos tiempos de producción, todas las pruebas deber realizarse en modo manual y sin carga en la máquina.

A continuación, se detallan las pruebas básicas:

- Al presionar el botón general de encendido, la máquina no debe empezar a funcionar, sino solo dar información en la pantalla HMI.
- Los tres ejes del plano cartesiano, uno por uno, y no debe de existir ningún ruido extraño en la máquina.
 - El puente debe subir y bajar sin generar ningún ruido extraño
 - El puente debe moverse de izquierda a derecha y viceversa sin generar ningún ruido extraño.
 - El puente debe tener movimientos de avance y retroceso sin generar ningún ruido extraño.

- Verificar en pantalla que las lecturas de las distancias se muestren y comprobar las mismas, tanto en el eje “Y”, como en el eje “Z”.
- Verificar la velocidad del avance y el retroceso, esta debe poder variarse por medio de los potenciómetros.
- Verificar que antes de activar el modo automático, en la máquina exista flujo de agua, para el enfriamiento del sistema hidráulico y del corte.
- La prueba final es poner la máquina en la posición inicial, luego en automático y hacerla funcionar (ya con parámetros en la pantalla HMI), luego revisar que realice todos los movimientos y genere el conteo de los mismos en la pantalla HMI.

Si todos los procesos anteriores se realizaron de manera correcta, la máquina esta lista para ponerla a trabajar en modo continuo y no debería dar fallas.

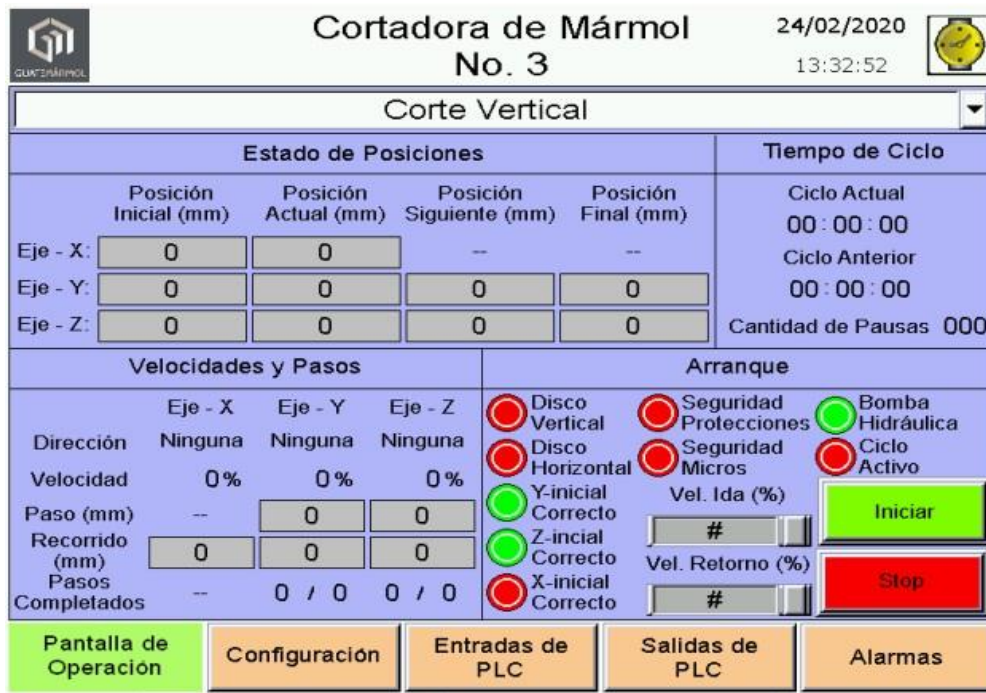
8.6. Panel de control automático

En modo automático, se encuentran cinco pantallas que se utilizan para monitorear todos los procesos del corte del bloque de mármol, tal como se muestra en la figura anterior, cada una de ellas cuenta con información muy importante para poder tomar decisiones según las necesidades de producción, por tal motivo tienen una contraseña cada uno de los menús, y en este caso para el operario el acceso es de la pantalla de operación.

Para el operario de la corta bloques el más importante es la pantalla de operación, y este se describe a continuación.

Figura 41.

Panel de control automático



Nota. Esta pantalla es un ejemplo de la configuración en el eje de corte vertical, en ella se puede visualizar los diferentes parámetros que son necesarios comprender y modificar para obtener las distancias de los cortes a medida y que la máquina pueda funcionar en automático. Elaboración propia, realizado con Open PLC.

8.7. Pantalla de operación

Para poner a trabajar la máquina en modo automático es necesario conocer y entender bien la interfaz gráfica de la corta bloques, a continuación, se describe lo más básico de la pantalla principal.

- Estado de posiciones: para empezar a trabajar la máquina necesita reconocer que el puente se encuentra en la posición de inicio, esto

significa que los tres ejes, se encuentran en su punto cero, con respecto a el punto de referencia que tiene el PLC, que está determinado por los sensores inductivos, que funcionan como finales de carrera. En esta parte de la interfaz gráfica el operario, puede mirar el recorrido de disco de corte para saber el tamaño de las duelas que se están produciendo.

- Velocidad y paso: en el funcionamiento de la corta bloques uno de los fenómenos más importantes a controlar, para que el material no tenga astillas en los bordes y más importante aún para que el puente no se descuadre, es controlar la velocidad con la que los discos de corte entran en el bloque. Esta velocidad no es estándar depende del color del material a cortar, algunas son más duras que otras, en esta interfaz se puede modificar este valor sin ningún problema, esto para el operario es de suma ayuda.
 - Paso: en el mundo de los mármoles, a la profundidad que se le da a la duela, se le conoce como cala, y en esta máquina por ser multidisco la cala no puede ser mayor de 5 mm, datos que se encuentran en la ficha técnica que da el fabricante, por lo tanto, funciona así, pasa el disco vertical y hace una profundidad según se parametrize, cada vez que pasa la cala vuelve a ser de la misma medida, hasta acumular la parametrizada por el operario. Esta operación se realiza de forma interna en el PLC.
 - La velocidad es un dato que se ingresa según la necesidad de cada bloque, por tal motivo es necesario que el operario tenga la experiencia necesaria para poder operar el equipo.

- Recorrido: este depende totalmente del número de discos y la distancia entre los mismos, después de haber realizado el “rallado” corte en el eje “Y” de una profundidad determinada, se debe realizar el salto hacia la izquierda y mover la batería de discos, y esta distancia es ingresada por el operario. En resumen, es importante identificar que aquí se genera la “CALA” que es la profundidad de la duela, y el “SALTO” de la batería de discos, que es el movimiento para generar la cala de las duelas siguientes.
- Arranque: en esta pantalla se puede visualizar, el cumplimiento de las condiciones iniciales, para el tipo de movimiento que se esté generando.

Es importante entender que en esta máquina los cortes se generan por separado, no se pueden realizar al mismo tiempo, por tal motivo es que existe una pantalla para la configuración de corte vertical y otra para el corte horizontal.

Para que la máquina empiece a funcionar tiene que cumplir que los indicadores se encuentren en color verde. Al inicio solo hay un indicador que no debe estar en verde en esta sección y es el de disco horizontal o vertical, depende del corte que no se esté utilizando. Es importante entender que, si uno de los sensores no se encuentra en la posición correcta, automáticamente la corta bloques se detiene, y se genera una alarma en la pantalla HMI.

Los indicadores de Y-Inicial Correcto y Z-Inicial Correcto en verde indican que el PLC por medio del HMI calculó la posición final de la máquina en el ciclo y queda dentro de los límites físicos. En caso se encontrará alguno de los indicadores en rojo, es porque la maquina en algún punto del ciclo llegará o pasará del límite, y por lo tanto no permite el arranque.

También hay casillas que permite modificar la velocidad de corte en ambas direcciones durante el ciclo además de los botones de Inicio y Stop. El botón de inicio solo podrá accionarse si el selector se encuentra en automático y las condiciones iniciales para ese corte se cumplen. Al arrancar el ciclo por primera vez, se enciende el indicador de ciclo activo. El botón de inicio cambia a un botón de pausa y permite pausar el ciclo en cualquier momento del automático. Al seleccionar la pausa la máquina detendrá el movimiento que esté realizando en ese momento y espera a que el usuario u operador continúe el ciclo de con el botón de inicio.

8.8. Razones por las cuales la máquina se detendrá de manera instantánea y el ciclo reiniciará

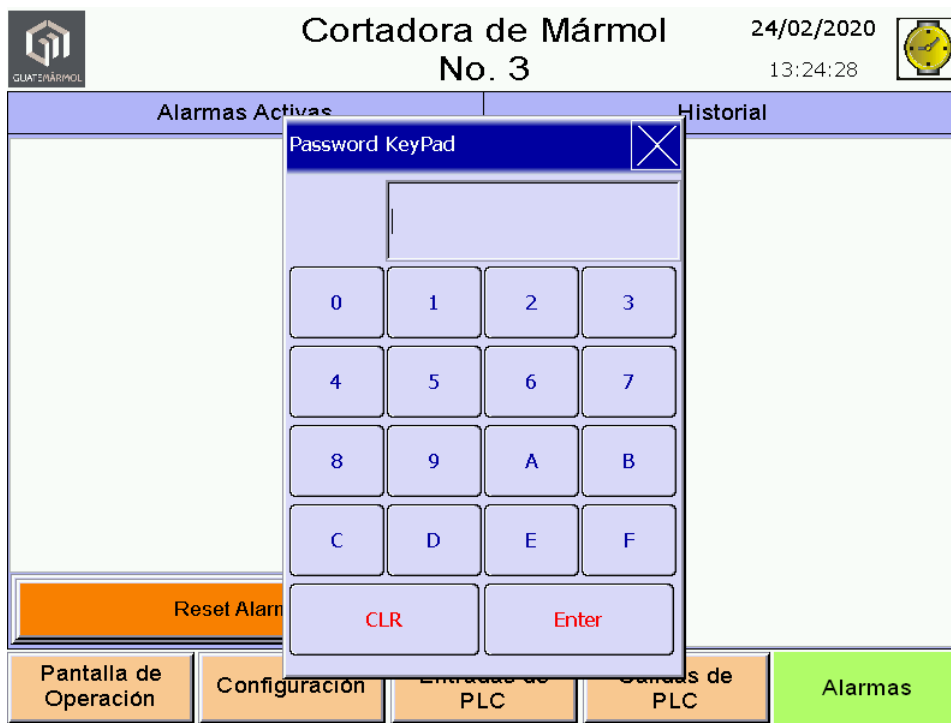
- El ciclo se completó
- Se presionó el botón Stop
- El selector de automático cambia a manual
- Se presionó el paro de emergencia
- Se disparó algún guarda motor
- Se accionó algún micro de seguridad en alguno de los ejes
- Alguno de los variadores Schneider o Delta entró en Alarma
- Se apagó la bomba hidráulica tonto de agua, que sirve para el enfriamiento del sistema o de aceite hidráulico, que sirve para el avance o retroceso. (no aplica si el ciclo está en pausa).
- En función de corte vertical, se apagó el disco vertical (no aplica si el ciclo está en pausa).
- En función de corte horizontal, se apagó el disco horizontal (no aplica si el ciclo está en pausa).
- En función de corte combinado, se apagó cualquiera de los dos discos (no aplica si el ciclo está en pausa).

8.9. Pantalla de configuración

Para ingresar a esta pantalla se requiere una contraseña. Al intentar acceder aparecerá un teclado numérico como se muestra en la figura. La contraseña de esta pantalla es 1111. Al salir y desear volver a entrar, deberá volver a ingresar la contraseña.

Figura 42.

Pantalla de operación



Nota. Por motivos de seguridad y que solo los operarios pueden modificar los parámetros de operación, la máquina cuenta con una clave para poder ingresar al sistema (HMI). Elaboración propia, realizado con Open PLC.

La pantalla de Configuración (Imagen C), permite ingresar todos los parámetros necesarios para los tipos de corte. Para el corte vertical permite variar

las velocidades tanto de marcha como de regreso en los tres ejes. Para el eje “-y” y eje “-z” permite controlar la distancia de cada paso y la cantidad de pasos. El programa calcula la distancia total recorrida en ambos ejes y se muestra en la columna “Distancia Total (mm)”. Para que se realice el cálculo la maquina debe encontrarse en corte vertical.

Figura 43.

Pantalla de configuración para el corte

The screenshot shows the HMI configuration interface for a marble cutter. At the top, it displays the company logo 'GUATEMÁRMOL', the machine name 'Cortadora de Mármol No. 3', the date '24/02/2020', and the time '13:28:46'. The main configuration area is divided into two sections: 'Corte Vertical' and 'Corte Horizontal y Combinado'. Each section has a table of parameters for X, Y, and Z axes, including 'Velocidad Ida (%)', 'Velocidad Retorno (%)', 'Pulsos', 'Paso mm', and 'Cantidad de Pasos'. A 'Contador Perpetuo' (perpetual counter) is also present, showing a value of '0000000'. At the bottom, there are five navigation buttons: 'Pantalla de Operación', 'Configuración Avanzada', 'Entradas de PLC', 'Salidas de PLC', and 'Alarmas'.

Corte Vertical						
	Velocidad Ida (%)	Velocidad Retorno (%)	Pulsos	Paso mm	Cantidad de Pasos	Distancia Total (mm)
Eje - X:	#	#	--	--	--	--
Eje - Y:	#	#	#	0.00	#	0.00
Eje - Z:	#	#	#	0.00	0	0.00

Corte Horizontal y Combinado					Contador Perpetuo
	Velocidad Ida (%)	Velocidad Retorno (%)	Pulsos	Paso mm	Cantidad de Pasos
Eje - X:	#	#	--	--	--
Eje - Z:	#	#	#	0.00	#

Eje - X: 0.00 mm/pulso Eje - Y: 0.00 mm/pulso Eje - Z: 0.00 mm/pulso

0000000

Pantalla de Operación Configuración Avanzada Entradas de PLC Salidas de PLC Alarmas

Nota. El sistema HMI, cuenta con varias pantallas de configuración y de visualización de la activación de cada uno de los sensores, dispositivos eléctricos, electrónicos y el estado actual de los mismos. Elaboración propia, realizado con Open PLC.

Para el corte horizontal permite variar las velocidades en ambas direcciones en los ejes “-x” y “-z”. En el eje “-z” se programa la distancia del paso y la cantidad de pasos. El corte combinado funciona bajo los mismos parámetros. El contador perpetuo es el número de horas que la máquina ha estado en producción en automático (Horometro). Al llegar al millón de horas el contador reiniciara. Al igual que el contador del ciclo actual, no contara el tiempo que la máquina este en pausa y apagada.

En el inferior se encuentran las relaciones de milímetros por pulso calculadas por el PLC. Estos valores son modificables en la pantalla Configuración Avanzada. Pantalla que se recomienda no tocar.

La utilización de esta pantalla no es necesaria a menos que por alguna razón se borre la memoria interna del PLC o sea estrictamente necesario. Esta pantalla permite:


- Cambiar el tiempo de estrella y el tiempo entre delta y estrella para el disco vertical y horizontal.
- Cambiar la relación de milímetros por pulso. Aquí se debe ingresar la carrera real de la máquina en cada uno de los ejes y cambiar la cantidad de pulsos en la carrera. Al modificar cualquiera de estos valores debe presionarse el botón Calcular, sino el PLC no reconocerá los cambios.

La sección GSM permite habilitar y deshabilitar la mensajería para los mensajes de producción y alarmas en caso se llegará a necesitar, este servicio tiene un costo adicional, ya que se debe contratar un servidor.

Esta pantalla solo se puede acceder desde la pantalla de Configuración. De igual manera se requiere una contraseña, la contraseña de esta pantalla es 3333. Siempre se requiere de una contraseña para acceder.

Figura 44.

Pantalla de configuración avanzada

Cortadora de Mármol No. 3		24/02/2020 13:29:11	
Configuración Avanzada			
Arranque de Discos		GSM	
	Tiempo encendido de estrella (s)	Tiempo retardo entre Y-Δ (s)	Señal de Producción Deshabilitada
Vertical:	#	#. #	Señal de Alarma Deshabilitada
Horizontal:	#	#. #	
Relación de mm/pulso			
	Eje-X:	Eje-Y:	Eje-Z:
Longitud de Eje:	#	#	#
Total de pulsos:	#	#	#
Relación:	0.00	0.00	0.00
			Calcular
Pantalla de Operación	Configuración	Entradas de PLC	Salidas de PLC
Alarmas			

Nota. Esta pantalla permite visualizar y configurar la relación entre el arranque estrella delta, y la configuración de los mensajes de textos recibidos en un celular avisando todas las alarmas que se muestran en la pantalla HMI. Elaboración propia, realizado con Open PLC.

8.10. Pantallas de entradas y salidas del PLC

Estas son dos pantallas independientes, las cuales sirven solo para el monitoreo y diagnóstico de las entradas y salidas del PLC. Sirve tanto en modo manual como en automático.

En las entradas se encuentran los sensores, las señales de los botones, las seguridades, los micros, entre otros. Aquí también puede verse si el modulo analógico de PLC tiene algún error. Si el valor es 0, el modulo no tiene ningún error. Si el valor es diferente de 0, deberá consultarse en el manual del módulo para identificar el error.

Figura 45.

Entradas y salidas del PLC

Cortadora de Mármol No. 3		24/02/2020 15:13:40		
PLC	Módulo E/S #1	Módulo E/S #2	Módulo E/S #3	
Sensor Eje-X	Start Motor Disco Horizontal	Acc. Carro Eje-Z Derecha	Límite Abajo Eje-Y (S14)	Y.A Disco Horizontal OK
Sensor Eje-Y	Start/Stop de Bomba Hidráulica	Acc. Disco Horizontal Arriba	Límite Derecha Eje-Z (S15)	Bomba Hidráulica OK
Sensor Eje-Z	Paro de Emergencia	Acc. Disco Horizontal Abajo	Límite Izquierda Eje-Z (S16)	Alarma Variador Schneider
Arreglo General de Panel	Acc. Carro Eje-X Izquierda	Seguridad Protecciones	Límite Arriba Disco Horiz. (S18)	Alarma Variador Daño
Manual	Acc. Carro Eje-X Derecha	Seguridad Micros	Límite Abajo Disco Horiz. (S19)	Plataforma Adentro
Stop Motor Disco Vertical	Acc. Carro Eje-Y Arriba	Límite Inicio Eje-X (S11)	Límite Marcha de Corte	Plataforma Afuera
Start Motor Disco Vertical	Acc. Carro Eje-Y Abajo	Límite Final Eje-X (S12)	Límite de Retorno de Corte	Módulo Analógico
Stop Motor Disco Horizontal	Acc. Carro Eje-Z Izquierda	Límite Arriba Eje-Y (S13)	Y.A Disco Vertical OK	Error en módulo 0
Pantalla de Operación	Configuración	Entradas de PLC	Salidas de PLC	Alarmas

Nota. Esta pantalla indica en tiempo real, todos los dispositivos y sensores de la máquina en tiempo real, si están encendidos o apagados. Elaboración propia, realizado con Open PLC.

En las salidas se encuentran las señales a los variadores, el accionamiento de distintos motores, las señales al módulo GSM, entre otros. En el inferior de la pantalla se puede monitorear las salidas analógicas, que son las que controlan la velocidad de los variadores, en otras palabras, la velocidad en los ejes. Se muestra tanto el valor de la salida en porcentaje como en voltaje. El valor máximo es 10 V, lo cual representa un 100 % en la salida y una frecuencia de 60 Hz.

Figura 46.

Salidas de PLC

PLC		Módulo E/S #1	Módulo E/S #2
Forward Variador Schneider	Libre	Plataforma Abierta	Delta Motor Disco Vertical
Reverse Variador Schneider	Luz PBR0 en Tablero	Disco Horizontal Arriba	Entrada Motor Disco Vertical
Libre	Luz Alarma de Protecciones	Disco Horizontal Abajo	Arranque Motor Disco Horizontal
Forward Variador Delta	Luz Marañón/Verde	Bomba Hidráulica	Delta Motor Disco Horizontal
Reverse Variador Delta		Motor Eje Y	Entrada Motor Disco Horizontal
Libre		Motor Eje Z	Variador Schneider
Señal de Producción a GSM		Válvula Y1 Frente	Variador Delta
Señal de Alarma a GSM		Arranque Motor Disco Vertical	Plataforma Adentro
Módulo Analógico	Canal #5 (Vel. set Eje X) 0.00 V 0%	Canal #6 (Vel. set Ejes Y y Z) 0.00 V 0%	
Pantalla de Operación	Configuración	Entradas de PLC	Salidas de PLC
		Alarmas	

Nota. Permite visualizar todos los parámetros del variador de frecuencia, los accionamientos de todos los motores eléctricos y las señales del módulo GSM. Elaboración propia, realizado con Open PLC.

8.11. Pantalla de alarmas

En esta pantalla se pueden ver las alarmas activas (izquierda), y su historial (derecha). El historial de alarmas guarda un máximo de 100 registros. Algunas de las alarmas solo pueden desactivarse con el botón de *Reset Alarmas* y se identificaran el listado de alarmas con (R). El resto de las alarmas solo desaparecerán limpiando la falla en el sistema.

Las alarmas activas también pueden verse en cualquier pantalla, estas aparecerán en la parte inferior de la pantalla en un recuadro anaranjado.

Figura 47.

Alarmas de PLC



Nota. Cuando en la máquina surge algún problema en los sensores o actuadores, algún recalentamiento, esta se detiene automáticamente y en esta pantalla muestra el dispositivo de la máquina que está causando el problema. Elaboración propia, realizado con Open PLC.

Las posibles alarmas son:

- Paro de emergencia
- Seguridad de protección
- Seguridad de micros
- Límite de Inicio (Izquierda) Eje-X
- Límite de Final (Derecha) Eje-X
- Límite de Arriba Eje-Y
- Límite de Abajo Eje-Y
- Límite de Inicio (Derecha) Eje-Z
- Límite de Final (Izquierda) Eje-Z
- Límite de Arriba de Disco Horizontal
- Límite de Abajo de Disco Horizontal
- Alarma en Variador Schneider
- Alarma en Variador Delta.
- Falla en Estrella-Delta Disco Vertical (R)
- Falla en Estrella-Delta Disco Horizontal (R)
- Falla en Bomba Hidráulica (R)
- Error en Módulo Analógico
- Falla en Bomba Hidráulica (R)
- Error en Módulo Analógico

9. MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se refiere a la realización regular de actividades de inspección, limpieza, ajuste y calibración de los equipos y componentes involucrados en el sistema, para asegurar su correcto funcionamiento y minimizar el riesgo de fallos o interrupciones inesperadas. Las actividades básicas pueden ser:

- Inspección visual periódica de los equipos y componentes para identificar los signos de desgaste, suciedad o daño físico.
- Limpieza regular de los equipos y componentes para mantenerlos libres de polvo, suciedad y otros contaminantes que puedan afectar su funcionamiento.
- Reemplazo o reparación de piezas defectuosas o desgastadas antes que causen fallos en el sistema.
- Ajuste y calibración de los instrumentos de medición y control para asegurar su precisión y fiabilidad.
- Actualización del software y firmware del sistema de control para corregir errores y mejorar su funcionalidad.
- Capacitación del personal encargado de operar el equipo para garantizar su correcta utilización y mantenimiento.

Para tener la máquina en óptimas condiciones y funcionando de manera eficiente, es necesario desarrollar un buen mantenimiento preventivo y correctivo, a continuación, se describen las piezas clave para el mantenimiento preventivo de la corta bloques.

Este mantenimiento se puede dividir de una forma básica en dos partes, para entenderlo de una manera fácil, el mantenimiento mecánico y el mantenimiento eléctrico.

9.1. Mantenimiento preventivo de partes mecánicas

- Limpieza de la estructura de la máquina: limpieza regular de los equipos y componentes para mantenerlos libres de polvo, suciedad y otros contaminantes que puedan afectar su funcionamiento. En esta máquina específicamente es necesario estar quitando el polvo que se incrusta en los motores eléctricos, ya que se genera una capa gruesa del mismo, haciendo que estos se recalienten, y al mismo tiempo esto activa los sensores de temperatura y se disparan las protecciones térmicas.
- Ajuste y lubricación de las piezas mecánicas: todas estas piezas mecánicas tienen que estar en constante lubricación, para poder evitar que se desgasten, ya que el lugar donde se encuentran y la fricción a la que se someten son extremadamente rígidas. Es muy importante que, al momento de lubricar, se utilice la cantidad necesaria, ya que los dos extremos son malos para el sistema mecánico, a los equipos no les puede faltar grasa ni aceite, pero tampoco deben tener en exceso.
Para esta máquina la grasa que se recomienda utilizar es una EP2, por sus propiedades, es una grasa lubricante elaborada con aceites finos y aditivos antioxidantes; espesada con jabón de Litio y con aditivos de

extrema presión para proporcionar protección extra frente al desgaste, corrosión y daños de lavado por agua, por tal razón son las ideales para el ambiente en el que se mantienen estos equipos, el aceite también tiene que estar relacionado con el tipo de ambiente en el que se encuentran los equipos por la razón en este caso se recomienda el uso del aceite Omala 220, que es un lubricante de presión extrema de alta calidad desarrollado para la lubricación de engranajes industriales muy cargados. Su alta capacidad de carga y sus propiedades antifricción se combinan para proporcionar un rendimiento sobresaliente en engranajes y otras aplicaciones industriales.

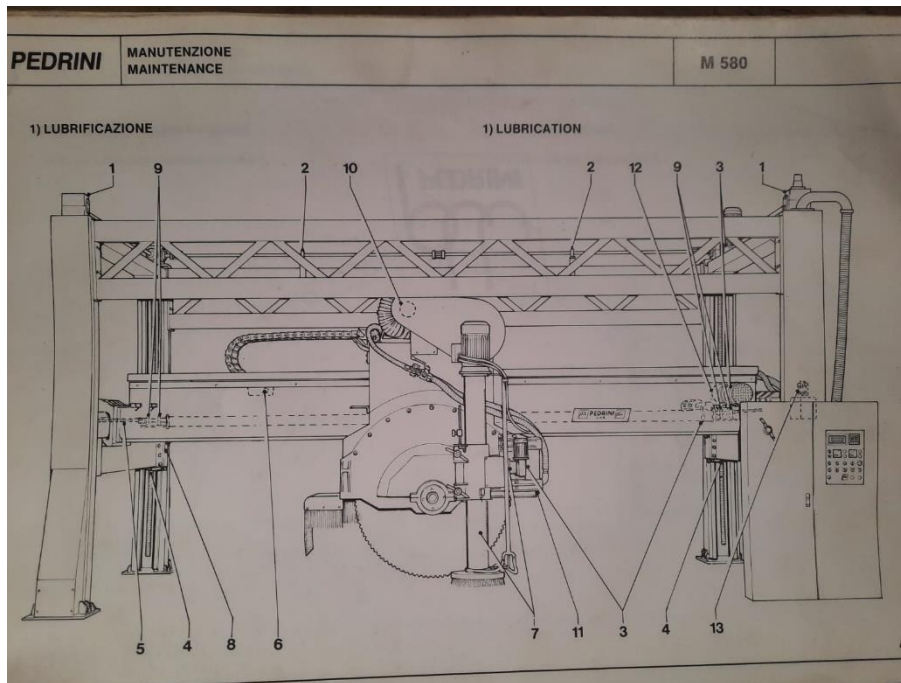
A continuación, se numeran las piezas que deben de tener lubricación constante para su funcionamiento óptimo y eficiente.

- Los cuatro tornillos Sinfín
- Las cuatro coronas
- Los seis piñones
- Las chumaceras del sistema de transmisión
- Las cremalleras de las dos vigas de carga
- La cremallera del movimiento avance y retroceso
- El sistema hidráulico de avance y retroceso
- La caja reductora de la transmisión de movimiento vertical
- La caja reductora de movimiento horizontal
- Los rodos de las dos vigas de carga

A continuación se muestra una imagen de los puntos básicos, que deben estar en constante lubricación y supervisión.

Figura 48.

Diagrama para lubricación



Nota. Estas son las partes básicas de lubricación de la máquina, que necesitan ser revisadas todos los días, para asegurar el funcionamiento correcto de las partes mecánicas y evitar paros innecesarios de la máquina. Obtenido de PIEDRINI S.A. (1982). *Manual de máquina corta bloques de mármol M580.* (p. 25). PIEDRINI S. A.

El mantenimiento mecánico industrial es el proceso de inspeccionar, reparar y preservar la maquinaria utilizada en la producción industrial. Es crítico para asegurar que la maquinaria funciona eficientemente y de manera segura, lo que ayuda a evitar paradas inesperadas y reducir los costos de reparación.

El mantenimiento mecánico industrial involucra varios procesos, que incluyen:

- Inspección regular de la maquinaria para detectar posibles problemas antes de que se conviertan en fallas mayores.
- Mantenimiento preventivo que es el cambio de piezas y componentes según su vida útil, limpieza y lubricaciones específicas.
- Reparación de emergencia para corregir fallas imprevistas en maquinaria o equipos.

9.2. Mantenimiento de partes eléctricas

Es el conjunto de actividades que se realizan periódicamente para prevenir y reducir la posibilidad de fallos en los equipos eléctricos. Este tipo de mantenimiento incluye la verificación y reparación de los sistemas eléctricos, interruptores y otros componentes eléctricos para garantizar su correcto funcionamiento. Se comprueban los equipos eléctricos y todos sus componentes en busca de señales de desgaste u oxidación, se comprueba la eficiencia del sistema de ventilación o enfriamiento, se verifica que todos los cables, interruptores y otros componentes tengan una adecuada protección contra sobretensiones y cortocircuitos.

El mantenimiento preventivo eléctrico es importante porque ayuda a las empresas a evitar gastos innecesarios en la reparación de equipos dañados o la sustitución de equipos al final de su vida útil. También reduce el riesgo de fallos eléctricos críticos que pueden ocasionar interrupciones en los procesos productivos, perjuicios económicos y riesgos para la seguridad de los trabajadores. El mantenimiento preventivo eléctrico puede proporcionar información valiosa sobre el estado de los equipos eléctricos, lo que permite a las empresas planificar mejor su mantenimiento y gestión de activos electrónicos.

Partes importantes a las que se les debe realizar su mantenimiento de manera periódica:

- Tablero de potencia
- Tablero de control
- Conexiones eléctricas
- Cargas eléctricas
- Sistema hidráulico
- Cableado y estructurado
- Sensores inductivos
- Motores eléctricos

9.3. Mantenimiento preventivo de un sistema hidráulico

El mantenimiento preventivo hidráulico es el conjunto de medidas y prácticas que tienen como objetivo evitar la aparición de fallos, reducir el riesgo de averías y alargar la vida útil del sistema. Este tipo de mantenimiento busca anticiparse a los problemas mediante inspecciones, limpiezas, lubricación, ajustes y sustitución de componentes. A continuación, se describen algunas de las acciones comunes en un mantenimiento preventivo de un sistema hidráulico:

- Inspección visual: se realiza una revisión del sistema para detectar posibles fugas, deformaciones o desgaste en las conexiones, piezas, tuberías, mangueras, sellos, filtros, entre otros.
- Limpieza: se eliminan los contaminantes externos e internos que puedan afectar el rendimiento y la duración del sistema. Por ejemplo, se limpian los filtros, se drena el aceite, se elimina el agua, se retiran los residuos (lodos) del fondo del tanque o depósito de aceite, entre otros.

- **Lubricación:** se aplican los aceites y lubricantes adecuados en los componentes que necesitan ser lubricados, según las especificaciones del fabricante, en este caso la corta bloque utiliza un aceite hidráulico Omala 220.
- **Ajuste y calibración:** se verifican y ajustan los dispositivos de control, las válvulas, las bombas, los motores, los cilindros, para asegurar su funcionamiento correcto.
- **Sustitución de componentes:** se reemplazan las piezas que han alcanzado su vida útil, están dañadas o presentan problemas de funcionamiento. Por ejemplo, se cambian los sellos, los cojinetes, los filtros, las mangueras, entre otros.
- **Análisis de aceite:** se toma una muestra del aceite del sistema y se analiza en un laboratorio para detectar posibles contaminantes, desgastes y oxidación y así saber el nivel de pérdida de las propiedades del aceite para tomar la decisión de realizar su cambio.

9.4. Mantenimiento preventivo de un motor eléctrico

Este mantenimiento se realiza para prevenir y solucionar posibles problemas que puedan surgir en el motor y así mantener su funcionamiento óptimo. Estos son algunos de los pasos que se llevan a cabo en el mantenimiento preventivo de un motor eléctrico:

- **Inspección visual:** se realiza una inspección visual del motor para detectar posibles daños, como grietas, abolladuras o signos de desgaste en las partes internas y externas del motor.

- Limpiar el motor: se realiza una limpieza de motor para eliminar cualquier suciedad o residuo que pueda acumularse y afectar el rendimiento del motor.
- Reemplazo de piezas: si se detectan piezas desgastadas o dañadas durante la inspección visual, estas deben ser reemplazadas para garantizar el correcto funcionamiento del motor.
- Lubricación: se lleva a cabo una lubricación de las partes móviles del motor para reducir la fricción y prolongar la vida útil de motor.
- Verificación del contacto eléctrico: sirve para detectar cualquier problema de conexión, como falsos contactos en las terminales eléctricas, tornillos flojos y nivel de oxidación en las borneras de los contactos y conexión.
- Comprobación de la eficiencia energética: se realiza una medición de la eficiencia energética del motor para garantizar que esté funcionando de manera óptima y minimizando el consumo de energía.

Este tipo de mantenimiento preventivo de un motor eléctrico se realiza de manera periódica, y con una frecuencia de al menos una vez al año.

CONCLUSIONES

1. El rediseño y la implementación de la migración del sistema de control utilizando *retrofitting* en la máquina corta bloques se logró de manera satisfactoria y de forma eficiente.
2. La implementación de la industria 4.0 se logró sin problema alguno.
3. La automatización de los procesos del corte quedó funcionando a la perfección y medida exacta.
4. Se llevó a cabo todos los cambios de piezas mecánicas y eléctricas para el funcionamiento correcto de la corta bloques.
5. La integración de los variadores de velocidad fue todo un éxito y su integración con el PLC también, el avance y retroceso quedaron totalmente controlados por el PLC y visualizados en el HMI.
6. La contabilización o cuantificación del tiempo de uso de la máquina, queda integrada en el PLC por medio de un horometro digital.
7. La implementación de los sensores inductivos es un hecho y todos están integrados en la pantalla HMI, para tener un mejor control de las etapas del corte.

RECOMENDACIONES

Para el operario:

1. Leer el manual de usuario antes de operar la máquina y tener capacitaciones sobre el mismo.
2. Mantener la máquina limpia libre de polvo y de lodos.
3. Realizar todas las pruebas independientes antes de empezar a utilizar la máquina de manera automática.
4. Asegurar que las medidas del bloque sean las adecuadas para la máquina.
5. Verificar que el disco de corte se encuentre en buen estado y con filo en los diamantes.

Para los técnicos:

6. Realizar mantenimientos preventivos según instrucciones del fabricante.
7. Utilizar aceites y grasas según las especificaciones del fabricante.
8. Mantener el tablero eléctrico de potencia y control con llave.
9. Capacitar a los operadores de la máquina sobre su funcionamiento.

REFERENCIAS

Empresas Guatemaltecas. (2019). Mármoles y granitos de Centroamérica.

<https://www.dateas.com/es/explore/empresas-guatemala/marmoles-y-granitos-de-centroamerica-sa-561>

Joel, M. (2016). *Diseño y desarrollo de un sistema de automatización para modernización de una máquina extrusora de cables basado en PLC*. Universidad Técnica Federico Santa María.

<https://repositorio.usm.cl/handle/11673/13183>

Lorenzo, G. (2006). *Automatización de una planta industrial*. Universidad Alicante.

[Chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/16363293.pdf](chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/16363293.pdf)

Palma, S. (2012). *Propuesta de diseño para la fabricación de máquina automatizada para optimizar la operación de cortes rectos en la manufactura de muebles en melanina*. Universidad Ricardo Palma.

<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/434>

Pértiga. *Principios básicos de la automatización, instalaciones eléctricas*.

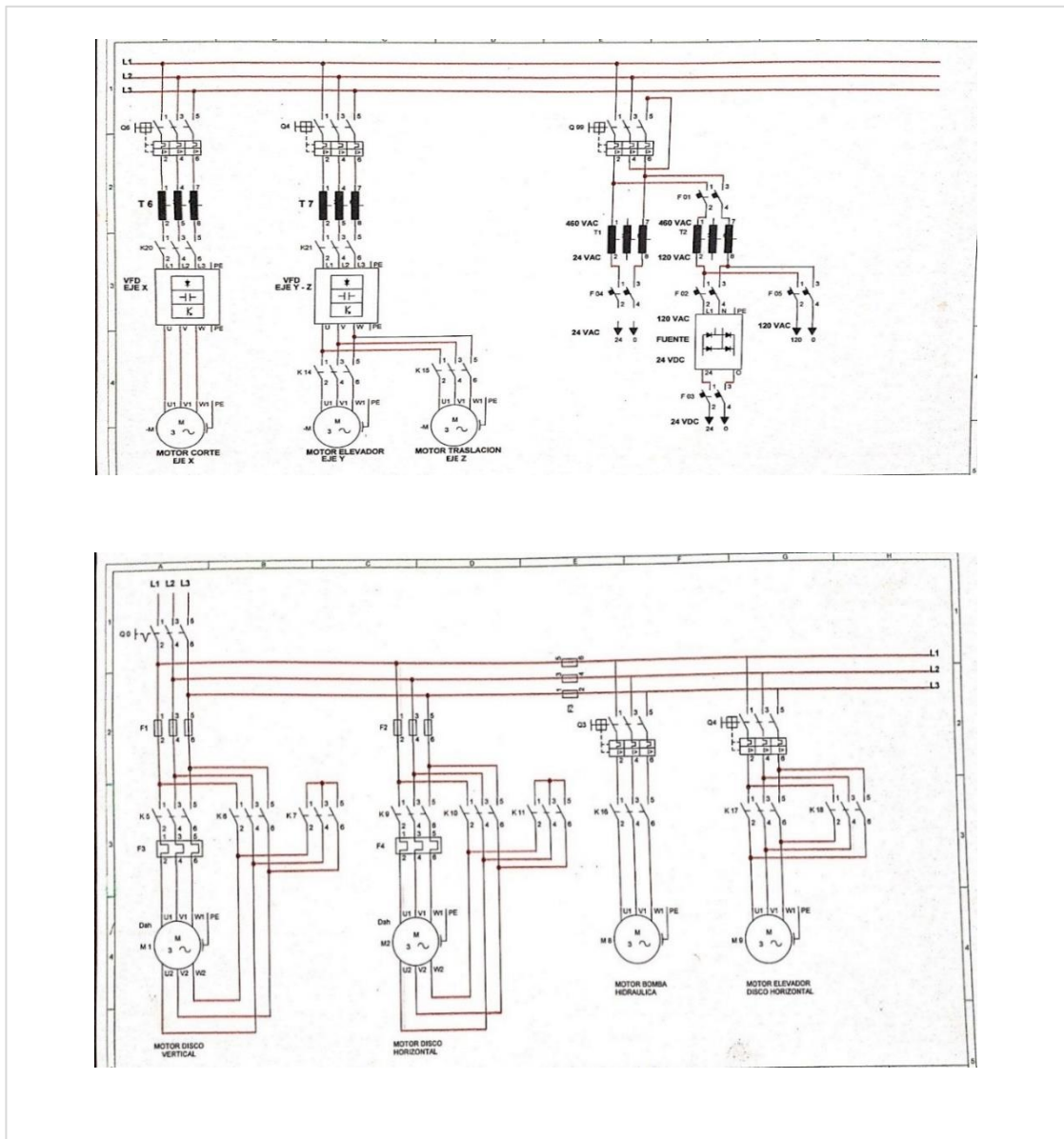
<http://pertiga.es>

Universidad Nacional de la Plata. (2011). *Controladores lógicos programables PLCs*. [http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion de referencia ISE6 1 1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)

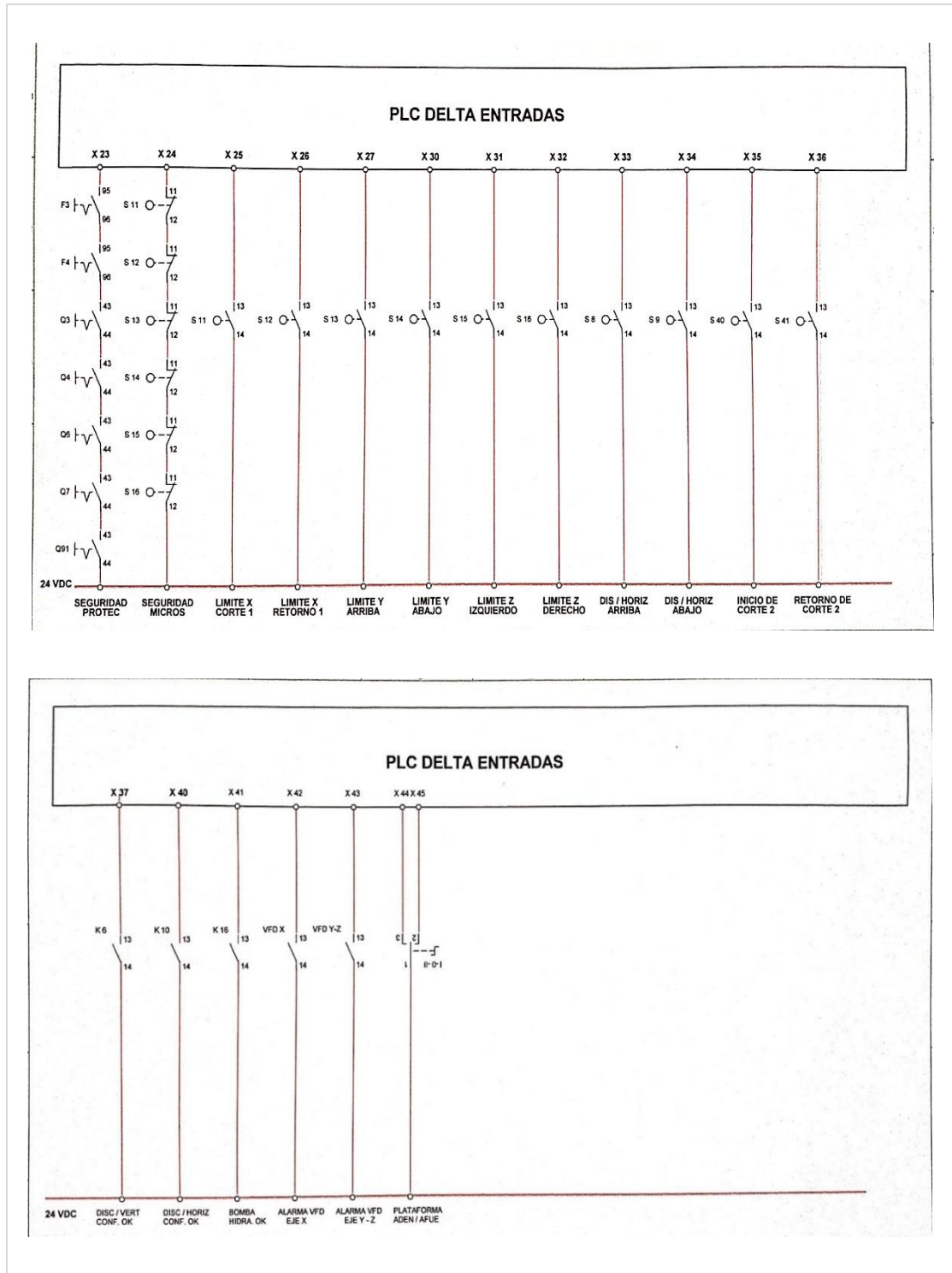
APÉNDICE

Apéndice 1.

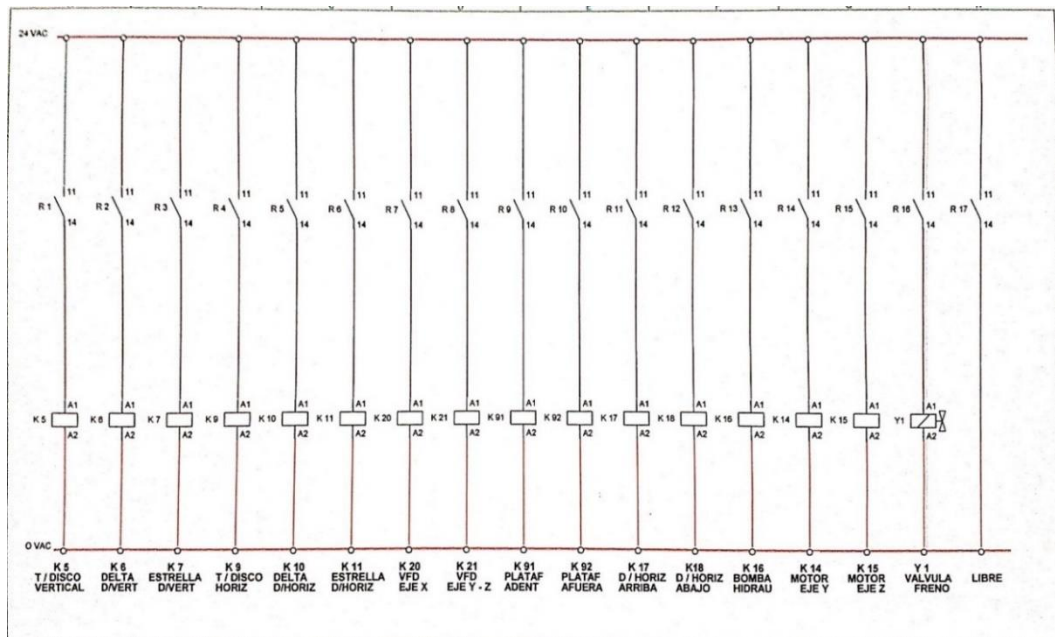
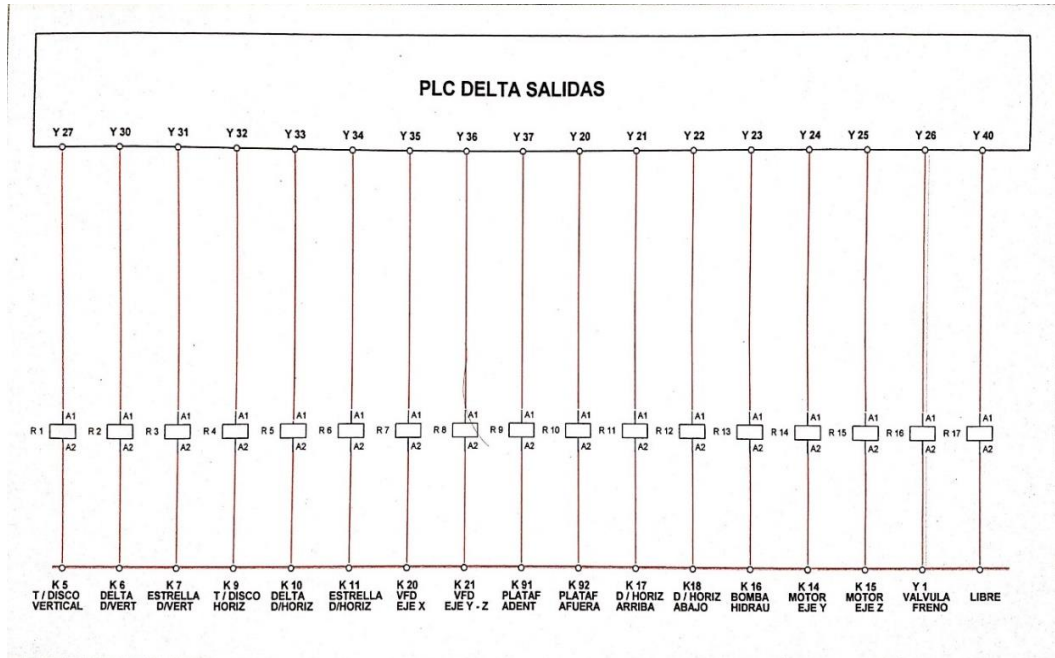
Nuevos diagramas de la instalación



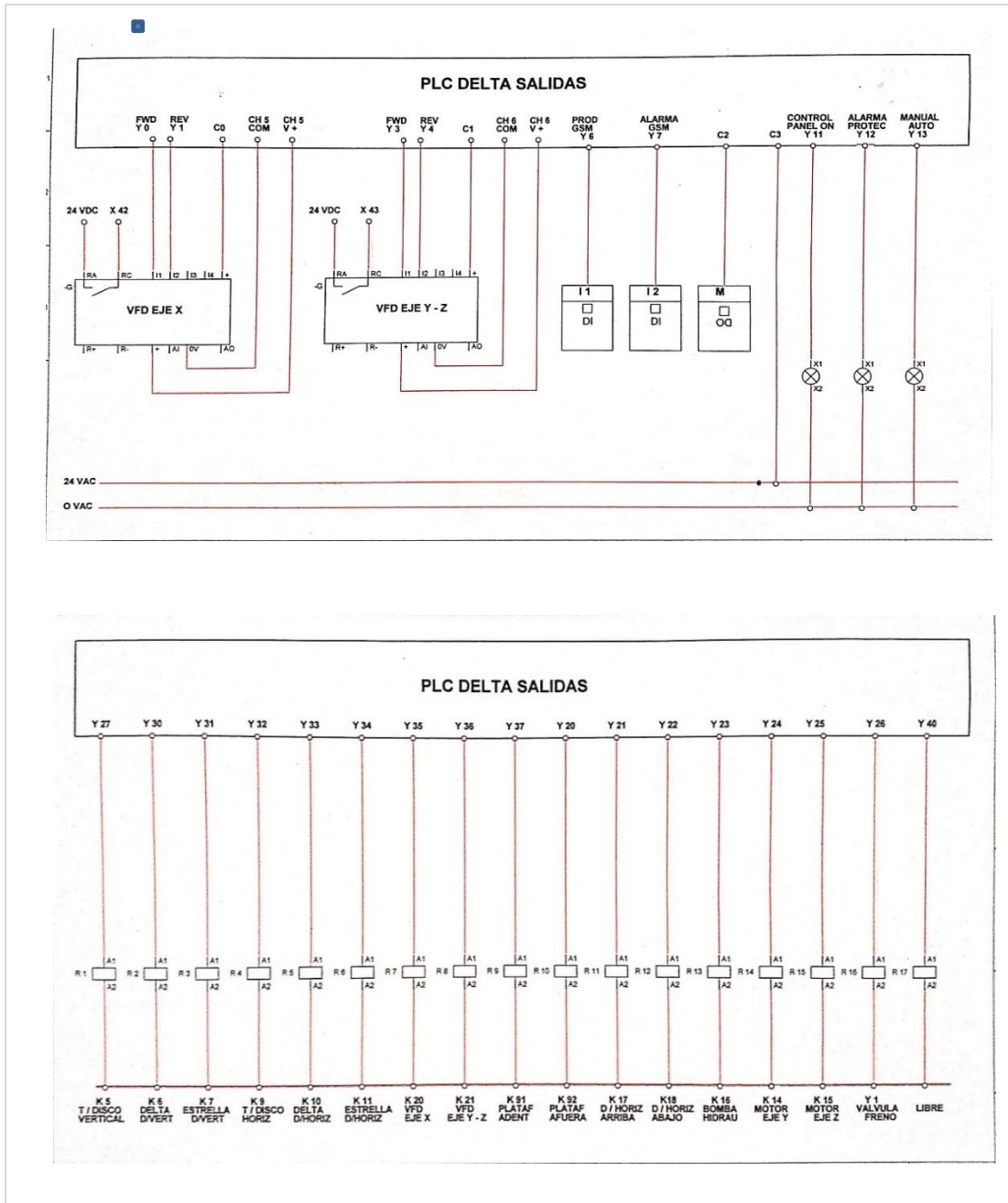
Continuación del apéndice 1.



Continuación del apéndice 1.



Continuación del apéndice 1.

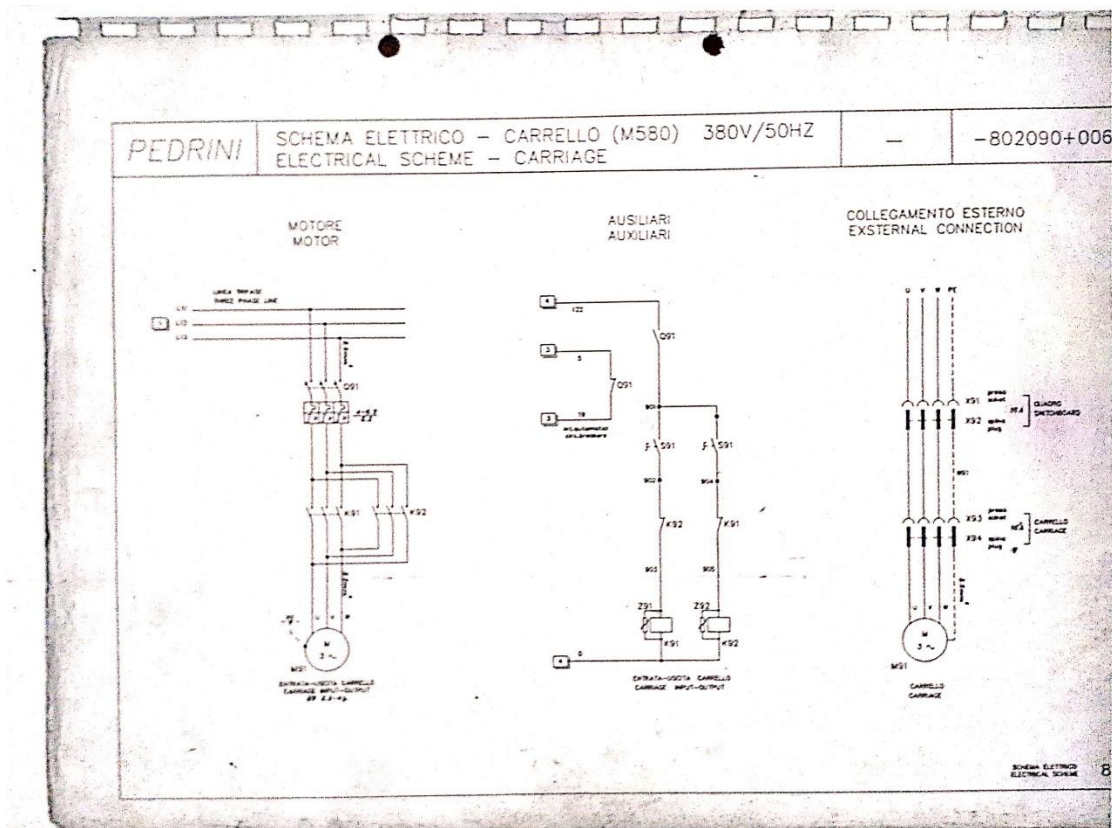


Nota. Diagrama de escalera, también Ladder o diagrama Ladder, lenguaje utilizado para programar PLCs. Estos son los diagramas actuales y modernos que tiene la máquina para su eficiente funcionamiento. Elaboración propia, realizado con Open PLC.

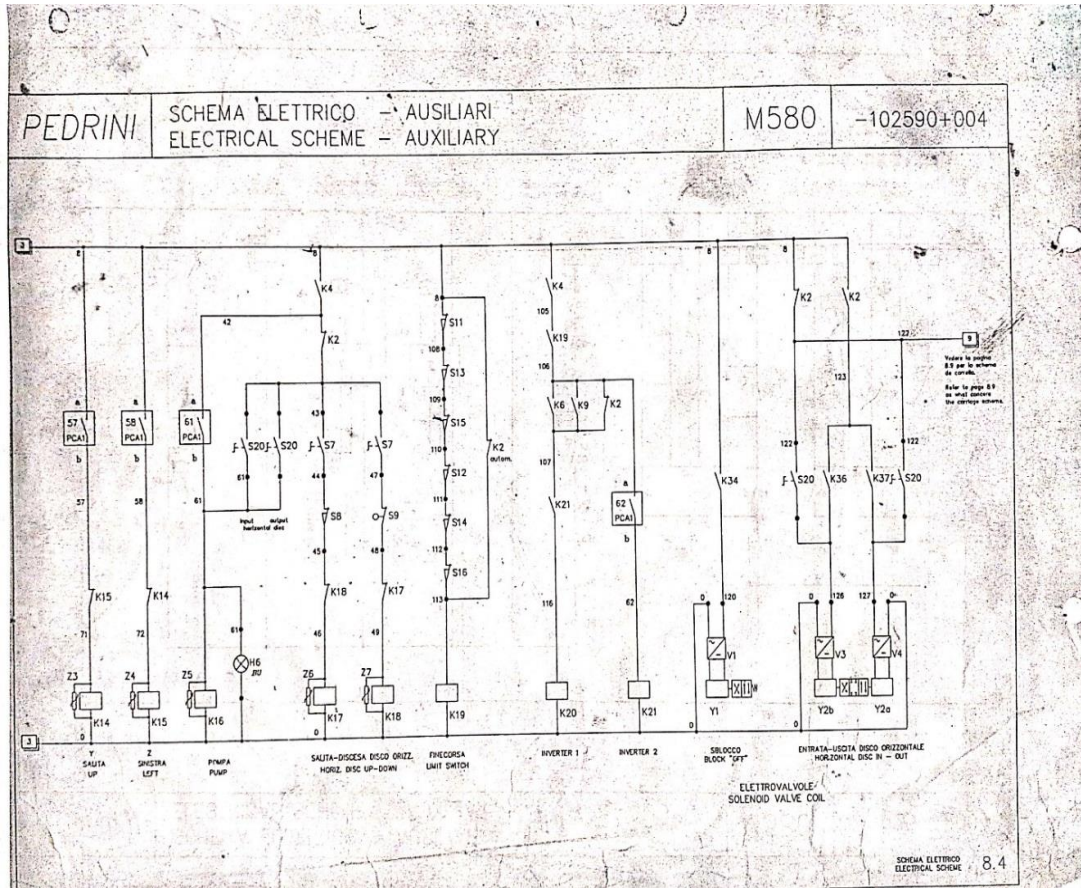
ANEXO

Anexo 1.

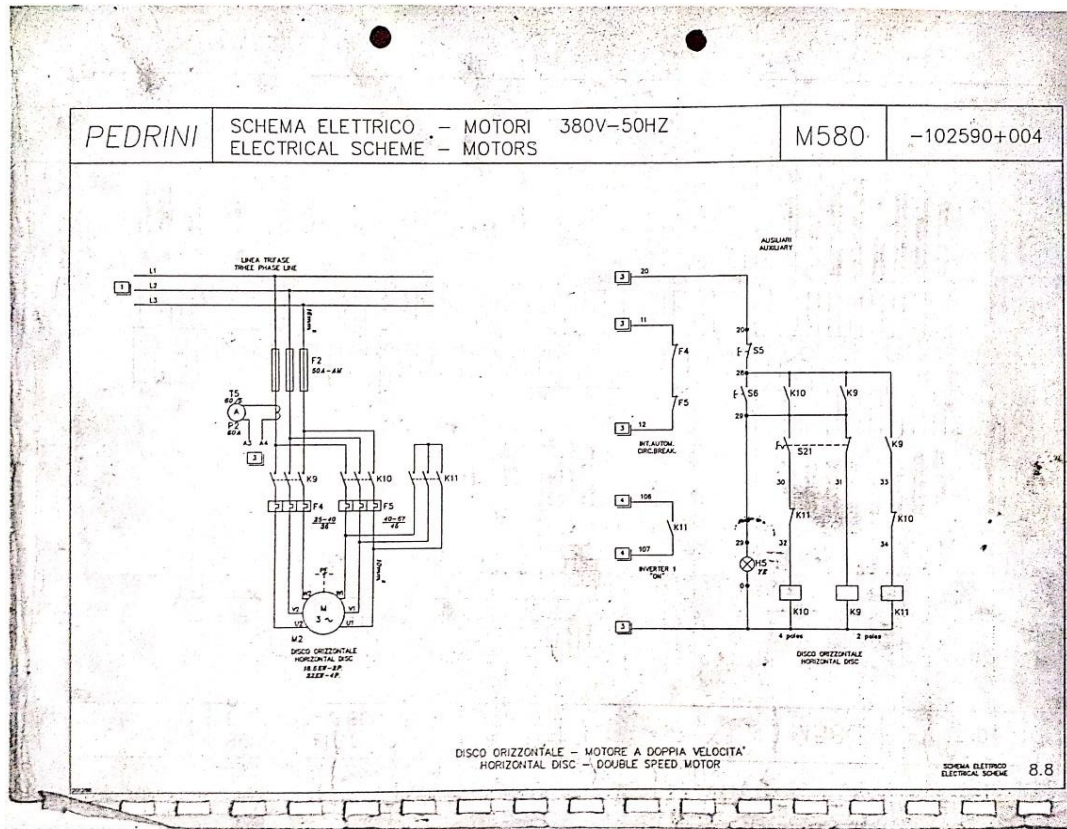
Diagramas eléctricos antiguos y actuales de la máquina



Continuación del anexo 1.



Continuación del anexo 1.



Nota. Estos son los diagramas originales de la máquina, que solo necesitaban cambio del cableado eléctrico y cambio de dispositivos eléctricos y electrónicos. Obtenido de PIEDRINI S.A. (1982). *Manual de máquina corta bloques de mármol M580*. (p. 25). PIEDRINI S. A.