



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“REINGENIERÍA E IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITOS DE CONTROL Y
FUERZA USANDO UN PLC S7-300 DE UN MOLINO REFINADOR DE LICOR
DE CACAO EN LA EMPRESA NESTLE ECUADOR S. A. DE LA CIUDAD DE
GUAYAQUIL”**

QUINGA CÓNDOR FERNANDO JAVIER

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012-11-29

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

FERNANDO JAVIER QUINGA CÓNDOR

Titulada:

“REINGENIERÍA E IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA USANDO UN PLC S7-300 DE UN MOLINO REFINADOR DE LICOR DE CACAO EN LA EMPRESA NESTLE ECUADOR S. A. DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Santillán G.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Ing. Marco Santillán G.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Montalvo J.
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FERNANDO JAVIER QUINGA CONDOR

“REINGENIERÍA E IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA USANDO UN PLC S7-300 DE UN MOLINO REFINADOR DE LICOR DE CACAO EN LA EMPRESA NESTLE ECUADOR S. A. DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”

Fecha de Examinación: 2014-01-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Fernando González P. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Marco Santillán G. (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Pablo Montalvo J. (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Fernando González P.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Fernando Javier Quinga Cóndor

DEDICATORIA

A mi madre, que ha realizado el sacrificio más grande brindándome su apoyo para poder salir adelante, dándome ejemplos dignos de superación, entrega y sobretodo haberme apoyado en los momentos más difíciles de mi vida, va por usted que cree en mi y puedo alcanzar mi meta.

A mi esposa y a mis hijos que han sido la inspiración necesaria e indispensable para seguir adelante a pesar de las adversidades que se han presentado en la vida estudiantil.

A mis familiares, a mis hermanos, que me brindaron su apoyo a lo largo de mi vida, estuvieron en los momentos más difíciles por su apoyo siendo mis pilares fundamentales para la formación de una persona de bien.

A mis amigos, que siempre fueron una ayuda invaluable en la carrera y en la vida, estuvieron en momentos difíciles siendo un soporte para seguir adelante.

A todos, mi gratitud invaluable esperando tener su apoyo para toda la vida mil gracias.

Fernando Javier Quinga Cóndor

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A Dios por la fortaleza, salud y sus bendiciones, agradezco a mis padres por el esfuerzo que hacen día tras día para brindarme su apoyo incondicional.

A mi director de tesis, Ing. Marco Santillán y a mi asesor, Ing. Pablo Montalvo por su esfuerzo y dedicación, quienes con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación han logrado que pueda terminar esta tesis con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera estudiantil porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

A Ingemsa s.a. por brindarme acogida dentro de sus instalaciones brindándome ayuda con su experiencia y haber realizado el presente trabajo de tesis

Fernando Javier Quinga Cóndor

CONTENIDO

	Pág
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Molino refinador de licor de cacao.....	3
2.2 Licor de cacao.....	4
2.3 Molienda.....	4
2.4 Descripción de los procesos para obtención de licor de cacao.....	5
2.4.1 <i>Selección y calificación de grano</i>	5
2.4.2 <i>Limpieza</i>	6
2.4.3 <i>Presecado</i>	8
2.4.4 <i>Descascarado</i>	9
2.4.5 <i>Torrefacción o Tostado</i>	11
2.4.6 <i>Molienda</i>	12
2.4.7 <i>Solubilización</i>	13
2.4.8 <i>Prensado</i>	13
2.4.9 <i>Pulverizado</i>	14
2.4.10 <i>Envasado</i>	14
3. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TÉCNICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL MOLINO REFINADOR DE CACAO	
3.1 Información existente.....	15
3.2 Estado de proceso.....	16
3.3 Calidad de instalaciones.....	17
3.4 Calidad de los equipos de maniobra.....	18
3.5 Exigencias de producción.....	18
3.6 Exigencias de seguridad.....	19
3.7 Proyección del sistema implementado la automatización.....	19
4. REINGENIERÍA, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL Y FUERZA PARA UN MOLINO REFINADOR DE CACAO	
4.1 Componentes del molino refinador de cacao.....	21
4.2 Limitación de uso.....	22
4.3 Ventajas e inconvenientes del molino refinador de cacao.....	23
4.4 Suministro de energía.....	23
4.5 Encendido del molino refinador de cacao.....	24
4.5.1 <i>Arranque del molino refinador de cacao en forma manual</i>	25
4.5.2 <i>Tareas en automático</i>	26
4.5.2.1 <i>Etapa 1</i>	26
4.5.2.2 <i>Etapa 2</i>	27
4.6 Parámetros operativos del molino refinador de cacao.....	28
4.7 Aplicación del PLC S7-300.....	31
4.7.1 <i>Elaboración del proyecto en Simatic S7-300</i>	31

4.7.2	<i>Configuración del hardware</i>	33
4.8	Selección de elementos de mando y señalización.....	37
4.9	Indicadores de estado y error.....	37
4.10	Programación del molino refinador de cacao Lehmann.....	38
4.10.1	<i>Activación del tablero a través del botón control on</i>	38
4.10.2	<i>Sistema independiente de descarga del producto</i>	38
4.10.3	<i>Modo manual o de prueba</i>	39
4.10.4	<i>Modo automático u operativo</i>	41
4.10.5	<i>Alarmas y protecciones</i>	50
4.10.6	<i>Marcha en seco (Dry running)</i>	52
4.11	Descripción del estado de conexión de los sensores.....	57
4.12	Pruebas de funcionamiento.....	58
5.	ELABORACIÓN DE MANUALES	
5.1	Manual de operación.....	61
5.1.1	<i>Operación del molino refinador de cacao</i>	62
5.1.2	<i>Modo manual o de prueba</i>	62
5.1.3	<i>Tareas en manual</i>	63
5.1.4	<i>Modo automático u operativo</i>	64
5.1.5	<i>Etapa 1</i>	64
5.1.6	<i>Etapa 2</i>	65
5.2	Manual de mantenimiento.....	66
5.2.1	<i>Inspección periódica</i>	66
5.2.2	<i>Monitorización del estado</i>	66
5.2.3	<i>Componentes del molino refinador de cacao</i>	67
5.2.4	<i>Ficha de datos y características</i>	67
5.2.5	<i>Características generales del molino refinador de cacao</i>	68
5.2.6	<i>Categorización del molino refinador de cacao</i>	69
5.2.7	<i>Política de mantenimiento acorde a la categorización del sistema</i>	70
5.2.8	<i>Elaboración del banco de tareas para el molino refinador de cacao</i>	71
5.2.9	<i>Planificación, programación y documentos del control de mantenimiento</i>	88
5.2.10	<i>Tiempo de ejecución en cada tarea</i>	88
5.3	Manual de seguridad.....	90
5.3.1	<i>Automatización higiénica en la producción de alimentos</i>	90
5.3.2	<i>Detección y evitación de riesgos</i>	90
5.3.3	<i>Normas fundamentales</i>	90
5.3.4	<i>Identificación de los límites de la máquina</i>	91
5.3.5	<i>Identificar los peligros</i>	91
5.3.6	<i>Reducción de riesgos</i>	92
5.3.7	<i>Controles afines (seguridades)</i>	93
5.3.8	<i>Protección en marcha en seco</i>	95
5.3.9	<i>Protecciones eléctricas</i>	95
5.3.10	<i>Medidas protectoras complementarias</i>	95
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.....	97
6.2	Recomendaciones.....	97

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Estándar de cacao en grano.....	6
2	Documentación técnica.....	16
3	Indicadores de LED.....	37
4	Conexión estado de sensores.....	57
5	Protocolo de pruebas del molino.....	58
6	Ficha de datos y características del molino refinador de cacao.....	67
7	Características generales	68
8	Categorización del molino refinador de cacao.....	69
9	Banco de tareas del molino refinador de cacao.....	71
10	Inspección del molino.....	72
11	Inspección de filtros de entrada.....	73
12	Cambio de kit de filtros de entrada	74
13	Inspección del motor y sistema eléctrico.....	75
14	Revisión del motor y su sistema eléctrico.....	76
15	Revisión de sensores de flujo.....	77
16	Revisión de sensores de nivel.....	78
17	Inspección de piedras de molienda.....	79
18	Revisión de bomba de alimentación.....	80
19	Revisión de bomba de descarga.....	81
20	Revisión del sistema de transmisión.....	82
21	Revisión de extractor.....	83
22	Inspección del sistema eléctrico.....	84
23	Limpieza del equipo.....	85
24	Análisis termográfico a tablero de control y motores.....	86
25	Análisis vibracional a motor principal y bombas de alimentación y descarga.....	87
26	Tiempo de ejecución de cada tarea.....	88
27	Programación del mantenimiento.....	89

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Diagrama de flujo de semielaborados.....	5
2 Almacenamiento de grano en sacos.....	6
3 Proceso de limpieza.....	7
4 Proceso de calificación.....	8
5 Proceso de despedrado.....	8
6 Presecado.....	9
7 Descascaradora.....	9
8 Triturado.....	10
9 Sistema de expansión.....	10
10 Tostador.....	11
11 Tostador 1.....	12
12 Molino refinador de cacao.....	12
13 Prensa.....	13
14 Templadora.....	14
15 Producción de molienda por hora.....	19
16 Producción de molienda por hora.....	20
17 Molino refinador de cacao.....	21
18 Tipos de conductores AWG.....	24
19 Flujograma de inicio de la producción.....	28
20 Flujograma de la función automática y manual.....	29
21 Flujograma de fin de la producción.....	30
22 PLC S7-300.....	31
23 Icono del Administrador Simatic.....	31
24 Selección de CPU.....	32
25 Asistente de STEP7: Selección de bloque.....	33
26 Programación del nombre del proyecto.....	33
27 Configuración del hardware.....	34
28 Configuración de CPU.....	34
29 Equipo configurado.....	35
30 Direccionamiento de entradas y salidas.....	36
31 Elementos del PLC.....	37
32 Programación de la activación automática.....	38
33 Programación de la válvula descarga.....	39
34 Programación del sistema manual.....	40
35 Programación de la válvula piedra2.....	40
36 Programación de la válvula piedra3.....	41
37 Programación del modo automático.....	42
38 Programación de inicio automático.....	42
39 Programación de la activación bomba de alimentación.....	43
40 Programación de entrada de producto.....	43
41 Programación de licor circulando.....	44
42 Programación de inicio descenso de piedras.....	45
43 Programación de activación de marcha en seco.....	45
44 Programación del apagado automático.....	46
45 Programación de apagado bomba de alimentación.....	47
46 Programación de desactivar protección marcha en seco.....	47
47 Programación de sensor no detecta producto.....	48
48 Programación de ascenso de piedras.....	49

49	Programación de apagado motor principal.....	49
50	Programación de sensor de nivel alto.....	50
51	Programación de encendido de extractor de gases y sistema de enfriamiento.....	51
52	Programación del sensor de nivel.....	52
53	Programación de protección marcha en seco.....	53
54	Programación del auxiliar del guardamotor de la bomba de alimentación.....	54
55	Programación del auxiliar de falla.....	55
56	Programación de apagar sirena.....	56
57	Programación de sirena off y reset falla.....	56
58	Pulsadores panel de control.....	61
59	Botones para mantenimiento.....	62
60	Botones panel de control.....	63
61	Botones encendido y apagado.....	64
62	Peligros existentes.....	92
63	Evaluación de riesgos.....	93
64	Parada de emergencia.....	96

LISTA DE ABREVIACIONES

3Ø	Trifásica
3P4W	3 fases, 4 conductores
BC	Barra común
COM	Puerto serial de comunicación
DAQ	Dispositivo de adquisición de datos
DI	Entrada digital
DIC	Entrada digital común
DO	Salida digital
DOC	Salida digital común
DTE	Equipo terminal de datos
EE	Empresa eléctrica
HMI	Interfaz hombre – máquina
I/O	Entradas/Salidas
I_L	Intensidad de línea
IT	Conexión sin tierra con alta impedancia en el circuito
kV	Kilovatios
LAN	Red de área local
MCI	Motor de combustión interna
MS	Máquina síncrona
MTU	Unidad terminal maestra
NEC	Código Eléctrico Nacional
NI	National Instruments
OPC	Incorporación y encadenamiento de objetos para control de procesos
PC	Controlador programable
PLC	Controlador lógico programable
PPI	Interfaz punto a punto
TN	Sistema puesta a tierra y conexión directa neutro
TT	Conexión puesta a tierra con carga a tierra
Rpm	Revoluciones por minuto
RS	Red serial
RTU	Unidad remota de telemetría
S	Interruptor
TC	Transformador de corriente
U_L	Tensión de línea
UPS	Fuente de alimentación no interrumpida
USB	Unidad de bus serial
VI	Instrumento virtual

LISTA DE ANEXOS

- A Manual de operación
- B Ficha de datos CPU 315 Dp

LISTA DE PLANOS

- A Diagrama unifilar de acometida principal
- B Transformador
- C Sistema de fuerza de motor principal
- D Sistema de fuerza de bomba de alimentación, extractor de gases, bomba de descarga
- E Fuente de poder del PLC
- F Sistema de control manual
- G Sistema de control manual
- H Entradas digitales local 1
- I Entradas digitales local 1
- J Entradas digitales local 2
- K Entradas digitales local 2
- L Entradas digitales local 3
- M Entradas digitales local 3
- N Entradas digitales local 4
- O Entradas digitales local 5
- P Entradas digitales local 5
- Q Entradas digitales local 6
- R Entradas digitales local 6
- S Entradas digitales local 7
- T Entradas digitales local 7
- U Sistema neumático
- V Conexión de sirena
- W Conexión de sensores de presencia

Glosario

Conminución. Proceso a través del cual se produce una reducción de tamaño de las partículas de mineral, mediante trituración y/o molienda.

Análisis Granulométrico. Se trata de la dimensión de la partícula se determina rigurosamente por una magnitud, el diámetro, si la misma tiene forma de esfera, o por uno de los lados, si tiene forma de cubo. En todos los demás casos, el tamaño de las partículas se caracteriza por una magnitud media, o equivalente. Por dimensión de la partícula se opta valor medio de tres dimensiones (longitud, anchura y espesor), Organolépticas.

Nibs. Son los también llamados puntillas de chocolate, cacao quebrado, plumines de chocolate y a veces también se les llama chispas de cacao, son pedacitos de la semilla o grano del cacao natural y de cultivo biológico tostado, perfectamente separados de sus cáscaras.

Volatilización. Es el cambio de estado que ocurre cuando una sustancia pasa del estado sólido al gaseoso, por aumento de la temperatura, sin pasar por el estado líquido intermedio.

Sublimación. Es el cambio de estado que ocurre cuando una sustancia pasa del estado gaseoso al sólido, por disminución de la temperatura, sin pasar por el estado líquido intermedio.

Potasado. Consiste en añadir un alcalí para neutralizar la acidez natural del cacao e intensificar su color.

Dry running (funcionamiento en seco). Es cuando la máquina esta funcionamiento sin el fluido el cual dará una fricción entre los componentes del mismo

Guardamotor. Es un disyuntor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores.

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se ha desarrollado una reingeniería e implementación de los circuitos de control y fuerza usando un PLC S7-300 en un molino refinador de licor de cacao, Así también se detalla el funcionamiento y los procesos de producción para previa obtención del licor de cacao.

Para ello se realizó, un diagnóstico del estado técnico actual de la máquina, como se realiza el proceso de producción, cuales son las falencias y dificultades que repercuten el estado técnico de la máquina, y tomar una decisión para readecuar el sistema.

También se elaboró un flujograma indicando cuales son los parámetros de operación para la etapa de encendido, producción y apagado en forma manual y automática siguiendo el respectivo orden de funcionamiento.

En lo correspondiente al diseño y programación de los circuitos de control y fuerza, se empleó un PLC S7-300 donde la respectiva programación se elaboró en el software Simatic. Donde se ha efectivizado el funcionamiento, evitando las paradas de funcionamiento inesperadas.

Finalmente se elaboró un manual de operación, mantenimiento, y seguridad de modo que el personal que va a estar involucrado en la maquina pueda estar familiarizado y pueda realizar las diferentes funciones al cual va a estar designado.

Como resultado se obtuvo una máquina de alta eficiencia, haciendo que la producción requerida sea la necesaria sin pérdidas de producción y de alta confiabilidad.

ABSTRACT

In the present work thesis has been developed a reengineering and implementation of the circuit of control and force by using a PLC S7-300 in a refiner mill of cacao liqueur, as well as is also detailed the functioning and the processes of production to previous acquisition of the cacao liqueur.

For this was made a diagnosis of the technical current state of the machine, as well as the process of production, which are the defects and difficulties that have an impact in the technical state of the machine, and take a decision to re adequate the system.

Furthermore was elaborated a flowchart indicating which are the parameters of operation per stage of switched on, production, and switched off in a manual handling, and automatic was by following the respective order of functioning.

In the corresponding to the design and programming of the circuits of control and force, it was employed a PLCS7 -300, where the respective programming was introduce into the software Simatic, by making effective the functioning of the machine, avoiding the stoppings of unexpected production.

Finally, it was elaborated an operation handbook, maintenance and safety, by means of which the staff that is going to be involved which the machine can be familiarized and make the different functions to which is going to be in charge.

As a result, it was obtained a machine of high efficiency, by making the required production be the necessary, without loss of production and high reliability.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La empresa Nestle se creó en el año 1866 y actualmente es la mayor industria alimenticia a nivel mundial. Presente en los cinco continentes, cuenta con aproximadamente 500 fábricas instaladas en más de 80 países, comercializando 15.000 tipos de productos con el concurso de 230.000 colaboradores a nivel mundial.

En Ecuador, la empresa está presente con varias líneas de productos, tanto de producción local como importada, contribuyendo así al bienestar del consumidor y al progreso del país. Posee cuatro plantas de producción situadas en las ciudades de Cayambe y Guayaquil. Cuenta con dos centros de venta y distribución de productos (Quito y Guayaquil), los cuales atienden directamente a los principales distribuidores y autoservicios del país.

El inevitable crecimiento y mejoramiento de empresas nacionales y la inversión cada vez mayor de empresas internacionales ha hecho que la concepción de un producto de calidad y bajo costo sea atendida desde todos los puntos de vista. Todas las empresas desean, por razones obvias, que sus instalaciones, máquinas y equipos se mantengan en buen estado durante todo tiempo como sea posible. Para lograrlo, es necesario ayudar al sistema a mantener su funcionabilidad durante la operación.

1.2 Justificación Técnico – Económica

La empresa Nestlé de la ciudad de Guayaquil, se caracteriza por ser una de mayor producción del centro del país. Productos semielaborados tales como: chocolates, galletas y afines de este sector abastecen el mercado alimenticio de la región ecuatoriana, siendo los productos uno de los mayores consumidos en el mercado.

Por lo que se hace indispensable la propuesta de reingeniería del sistema de control y fuerza, Teniendo en cuenta los paros frecuentes que se producen en el proceso de fabricación de semielaborados, se ha realizado un análisis costo-beneficio para renovar

la tecnología de la maquinaria y así evitar que existan mayores paros y aumentar la fiabilidad de la misma.

La reingeniería y mantenimiento en una empresa se realiza dependiendo de la importancia que tenga un paro en un equipo, que consecuencias traiga en el sistema productivo y dependiendo de la ruta crítica del proceso.

Particularmente, la imperativa necesidad de reducir los paros en el equipo, vamos a optar por mejorar las condiciones actuales del equipo actualizando a las tecnología que actualmente se maneja aumentando la fiabilidad del mismo.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Realizar la reingeniería e implementación de circuitos de control y fuerza usando un PLC S7-300 de un molino refinador de licor de cacao en la empresa Nestlé Ecuador S. A. de la ciudad de Guayaquil.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Analizar las condiciones actuales del sistema de control y fuerza del molino de licor de cacao.

Optimizar los tiempos de operación con la implementación de circuitos de control y fuerza usando un PLC S7-300.

Construir y comprobar el funcionamiento del proceso con las modificaciones implementadas al sistema de control.

Elaborar un manual de operación y mantenimiento del sistema automatizado.

Emitir conclusiones y recomendaciones en las mejoras efectuadas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Molino refinador de licor de cacao

La molienda es la última etapa del proceso de conminución, en esta etapa las partículas se reducen de tamaño por una combinación de impacto y abrasión ya sea en seco o como una suspensión en agua pulpa.

La molienda se realiza en molinos que giran alrededor de su eje y que contienen una carga de cuerpos sueltos de molienda conocidos como "medios de molienda", los cuales están libres para moverse a medida que el molino gira produciendo la conminución de las partículas.

En el proceso de molienda partículas de 5 a 250 mm son reducidas en tamaño a 10 – 20 micrones, aproximadamente, dependiendo del tipo de operación que se realice.

El propósito de la operación de molienda es ejercer un control estrecho en el tamaño del producto y, por esta razón frecuentemente se dice que una molienda correcta es la clave de una buena recuperación de la especie útil.

Por supuesto, una submolienda resultará en un producto que es demasiado grueso, con un grado de liberación demasiado bajo para separación económica obteniéndose una recuperación y una razón de enriquecimiento bajo en la etapa de concentración.

El molino refinador de cacao se caracteriza por ser de 3 etapas desde el ingreso de producto hasta la salida pasado por 3 etapas para tener una molienda súper fina.

En este aparte del proceso, el grano tostado es transformado licor de cacao, Esto se realiza a través de molino que permite que los granos cambien de estado semisólido a un estado semilíquido, los productos terminados de mayor calidad dependerán de la finura del licor, que es realizada en molinos de piedra en este tipo de molienda se obtiene un licor de calidad, por sus características granulométricas, son empleados en productos elites. Este licor es almacenado en taques a una temperatura de 75% para evitar su solidificación. (HARDY, 1961 pág. 205)

2.2 Licor de cacao

A partir de la fermentación, tostado y refinado de las semillas de cacao se obtiene un líquido llamado licor de cacao o licor de chocolate. El licor de cacao es chocolate puro en forma semilíquida y está compuesto de dos ingredientes principales, la manteca de cacao o grasa de cacao y el cacao seco. Este licor es la base para hacer todo tipo de chocolates y a pesar de su nombre, no contiene alcohol.

Como norma general el licor de cacao se crea en las propias fábricas de chocolate, de manera que se obtiene un control de la calidad y sabor del producto para tranquilidad del consumidor. Una vez fabricado el licor, se prensa y se separa la grasa del polvo. Los ingredientes separados se pueden entonces mezclar en diferentes cantidades con otros ingredientes, como el azúcar y la leche para hacer tabletas de chocolate o por separado para elaborar el polvo de cacao y el chocolate blanco. (ENRIQUEZ, 1986 pág. 211)

2.3 Molienda

El proceso de molienda determina la rotura de las células duras y gramosas de los granos, liberando al mismo tiempo la grasa del cacao, que representa el 50 al 52% del mismo.

Esta operación produce una cierta cantidad de calor que llega al punto de fusión de la grasa obteniendo así una suspensión compuesta de almidones y proteínas.

En las máquinas modernas para la molienda la energía de rozamiento utilizada es transformada en calor y necesita por tanto enfriamiento por agua para no superar una temperatura de 75°C, que provocaría modificaciones en el sabor y aroma en el producto.

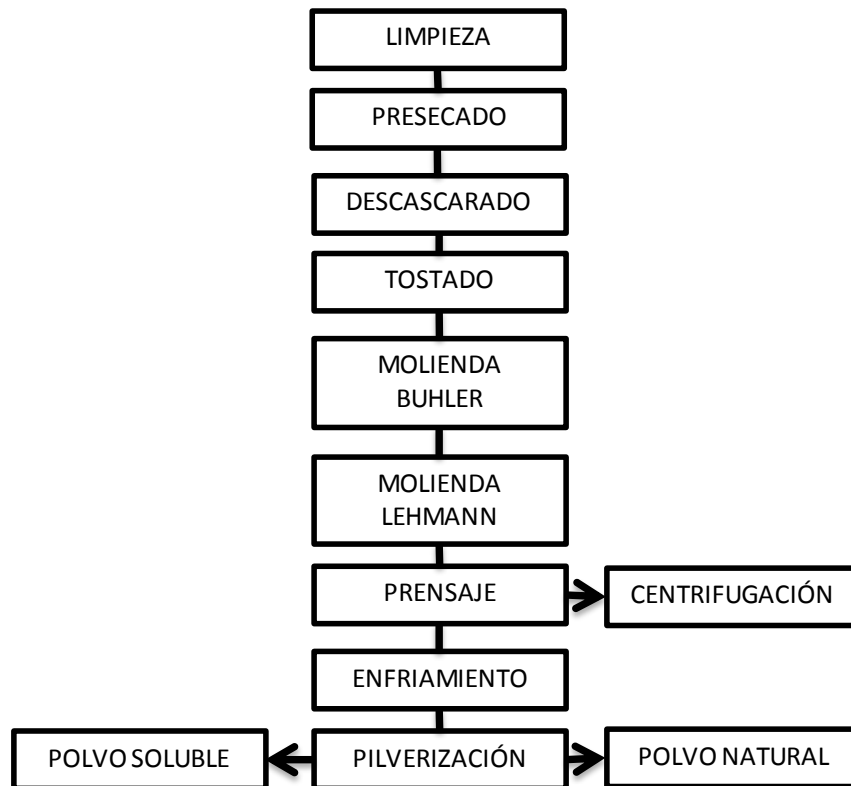
Con este se desea obtener un grano de finura de 10 a 20 μ para poder liberar la máxima cantidad de grasa posible. Se debe tener cuidado de no bajar de 8 μ el tamaño de partículas. Pues si esto sucede se producirá un aumento de viscosidad debido al aumento de superficie de las partículas.

La humedad contenida en los granos (que no debe superar normalmente al 2%), es de fundamental importancia para la máquina. (PINEDA, 2003 pág. 65)

2.4 Descripción de los procesos para obtención de licor de cacao.

El proceso de elaboración de Semielaborados de cacao se describe a continuación:

Figura 1. diagrama de flujo de semielaborados.



Fuente. El autor.

2.4.1 Selección y calificación del grano. El proceso de elaboración de los semielaborados de cacao inicia desde el proceso de selección y calificación del grano o pepa (haba) de cacao. Los factores que se toman en cuenta para a calificación depende de su origen, y este se basa en su procedencia. Si es de plantas de origen nacional es llamado cacao fino de aroma “tipo arriba”, y si su origen es un híbrido, para garantizar el perfil del producto, solo son escogidos granos de cacao fino de aroma. Una vez seleccionado el tipo de grano, existen factores físicos que determinan la calidad del producto. Estos factores son porcentaje de humedad y porcentaje impurezas. (URQUHART, 1963 pág. 47)

Una vez calificado el grano entra en un proceso de pre maquinado o limpieza donde se eliminan las impurezas. Luego de esto pasa a un proceso de secado de forma natural.

Las características ideales para que el grano sea procesado en fábrica y conserve sus características organolépticas en el producto final son:

Tabla 1. Estándar de cacao en grano

Características	Estándar
Tipo de cacao	100% “tipo arriba”
% Humedad	$\leq 12\%$
% de Impurezas	$< 5\%$

Fuente. El autor.

En estas condiciones el grano de cacao es almacenado en sacos de 100lb para su fermentación y es almacenado previo al proceso de fabricación.

Figura 2. Almacenamiento de grano en sacos.



Fuente. <http://apatitosocacao.blogspot.com/2012/02/proceso-obtencion-licor-de-cacao.html>

2.4.2 Limpieza. Este proceso tiene por objeto eliminar impurezas de menor volumen y tamaño. El sistema de limpieza comprende de 4 operaciones.

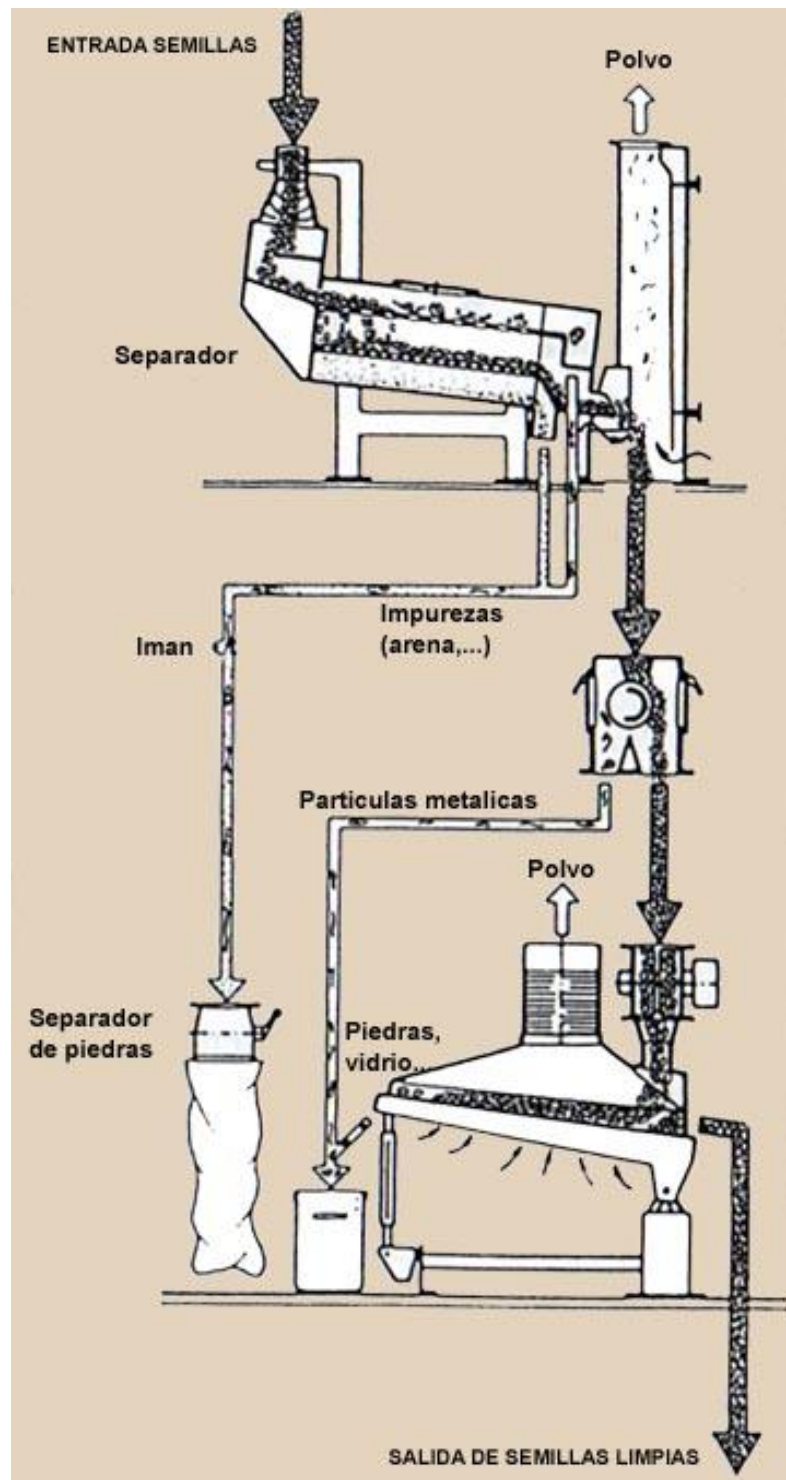
Eliminación de las partes más gruesas y más pequeñas de las pepas de cacao.

Aspiración de las partículas ligeras (polvo, cascarilla y fibras) en el canal de aspiración

Separación de partes metálicas

Separación de partes pesadas (piedras, vidrios y partes metálicas por despiedradora)

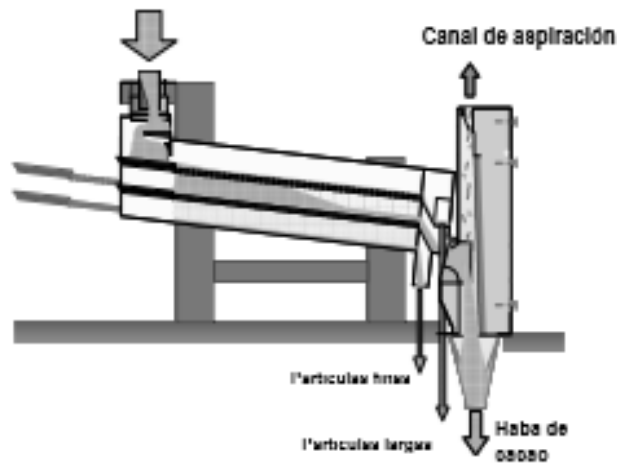
Figura 3. Proceso de limpieza



Fuente. <http://ben.upc.es/documents/eso/aliments/html/estimulantes-5.html>

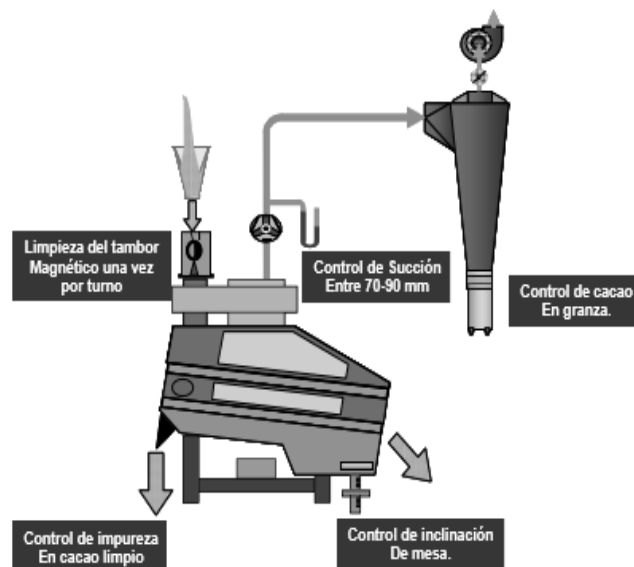
La clasificadora tiene por objeto separar partículas gruesas de las finas, permitiendo así, tener un grano apto para la siguiente etapa. (PIZA, 2009 pág. 38)

Figura 4. Proceso de calificación



Fuente. <http://ben.upc.es/documents/eso/aliments/html/estimulantes-5.html>

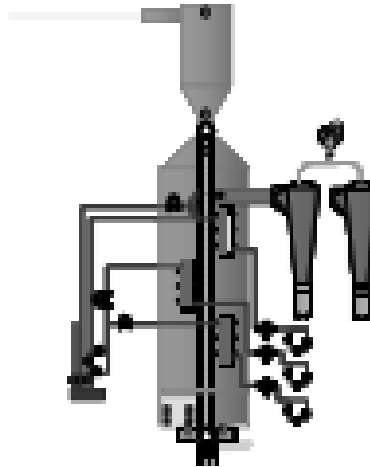
Figura 5. Proceso de despiedrado



Fuente. <http://ben.upc.es/documents/eso/aliments/html/estimulantes-5.html>

2.4.3 Presecado. El presecado es el proceso mediante la cual los granos de cacao entran a un proceso térmico con temperaturas que oscilan entre los 90°C y 120 °C en cada una de las tres etapas. A través de la inyección directa de vapor en forma inversa al ingreso de producto, el grano de cacao inicia su proceso de separación de su corteza o cáscara. (HARDY, 1961 pág. 201)

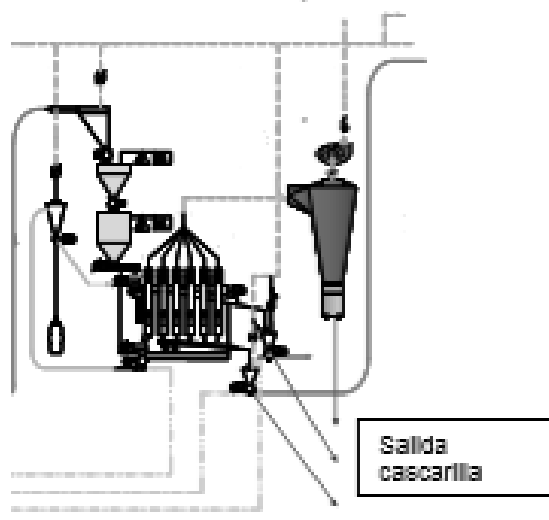
Figura 6. Presecado



Fuente. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13433/3/>

2.4.4 Descascarado. En esta parte del proceso el grano es separado de su cáscara. La operación de rotura de los granos de cacao y separación de la cáscara es muy importante en el proceso productivo de transformación, pues representa un primer paso hacia la reducción de la carga microbiana en el producto. Se sabe que la mayor carga bacteriana está concentrada en la cáscara.

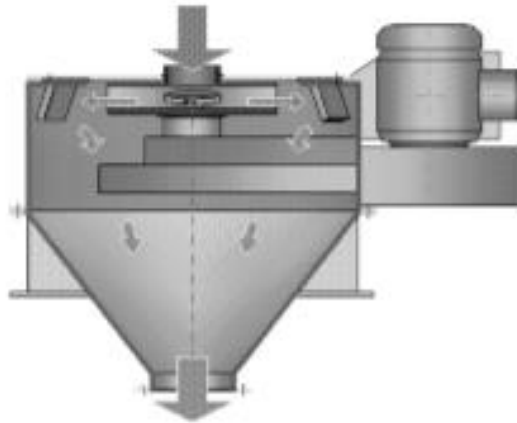
Figura 7. Descascaradora



Fuente. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13433/3/>

El sistema de trituración por proyección de las semillas de cacao contra las paredes, se considera desde hace tiempo adecuado, produce una reducida cantidad de polvo y por ende pérdida de cacao. (LIENDO, 1986 pág. 96)

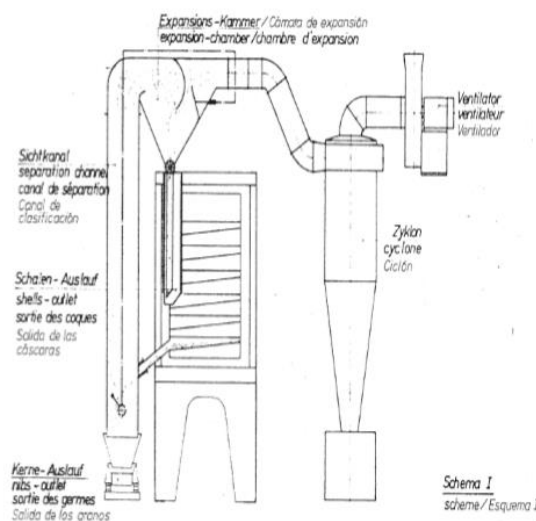
Figura 8. Triturado



Fuente. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13433/3/>

El grano es separado de la cáscara a través de un proceso de flujo de aire, en donde por diferencia de peso la pepa cae y la cáscara o cascarilla se transforma en un subproducto de este proceso.

Figura 9. Sistema de expansión



Fuente. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13433/3/>

2.4.5 Torrefacción o Tostado. La torrefacción es la parte más importante para el proceso de elaboración del licor de cacao y es aquí donde se desarrollan las diferentes características aromáticas.

Siguiendo el proceso desde la entrada del cacao troceado (nibs) al tostador se empezará a manifestarse un olor picante, ácido y desagradable, esta intensidad va aumentando con el aumento de la temperatura en el interior del grano, por ello provoca la volatilización de los ácidos, como el ácido acético producto de la fermentación de los granos en las haciendas.

Luego de manera gradual, se comprueba la disminución de la acidez y se va desprendiendo el aroma característico del cacao bien tostado hasta que lo reemplace completamente. Durante un periodo demasiado corto advertiremos por completo el perfume del cacao tostado y esta es la zona óptima de torrefacción. Si continuamos con el tostado, brevemente percibiremos el olor a quemado que es poco recomendable.

Figura 10. Tostador



Fuente. <http://licordecacao.blogspot.com/2012/02/recorrido-por-las-máquinas-para-la.html>

El tostador de granos de cacao dispone de un sistema térmico directo con recuperación del calor que fluye en los granos de cacao.

El producto absorbe energía mientras es agitado cuidadosamente por un brazo rotatorio. Con la distribución homogénea del calor entre los granos de cacao y la recuperación del calor del sistema de aire caliente se garantiza un reducido consumo energético. (HARDY, 1961 pág. 417)

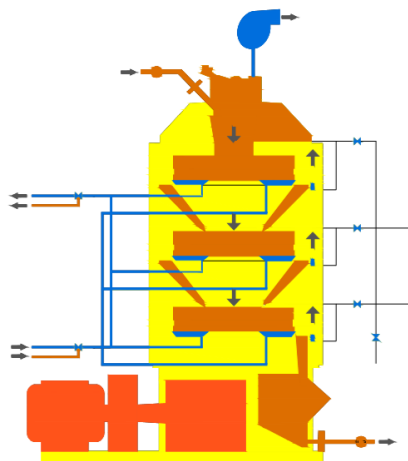
Figura 11. Tostador



Fuente. <http://licordecacao.blogspot.com/2012/02/recorrido-por-las-maquinas-para-la.html>

2.4.6 Molienda. En este aparte del proceso, el grano tostado es transformado en licor de cacao. Esto se realiza a través de un molino Lehmann que permite que los granos cambien de estado semisólido a un estado semilíquido. Los productos terminados de mayor calidad dependan de la finura del licor, que es realizada en molinos de piedra en este tipo de molienda se obtiene un licor de calidad, por sus características granulométricas y son empleados en productos elites. Este licor es almacenado en taques a una temperatura de 75% para evitar su solidificación. (PINEDA, 2003 pág. 65)

Figura 12. Molino refinador de cacao



Fuente. El autor

2.4.7 Solubilización. La finalidad principal de la solubilización, potasado o alcalinización es la de otorgar al producto sólido final (polvo de cacao) tonalidades particularmente oscuras y agradables. En efecto el polvo de cacao se emplea como componente aromatizante y colorante de las preparaciones destinadas al consumo familiar (bebidas, budines, dulces), o de uso industrial (coberturas de chocolate) además del color y en la eventualidad, de la reducción de la carga bacteriana. Con el potasado se logran otros efectos entre los cuales tenemos la neutralización de la acidez, mayor dispersión del polvo en los medios acuosos, fragilización de la estructura celular para facilitar la molienda del producto. (PINEDA, 2003 pág. 72)

Este licor solubilizado es almacenado en tanques a temperaturas de 75°C.

2.4.8 Prensado. El prensado es un proceso que mediante presión se realiza la separación de los sólidos entre el líquido o materia grasa del licor de cacao. Este proceso permite dividir el licor en dos subproductos, la torta y la manteca de cacao.

La torta es triturada, almacenada y enfriada en unos recipientes llamados totes, que luego son llevados al proceso de pulverización. La manteca pasa por un proceso de centrifugado para su posterior almacenamiento, temperado y llenado. (HARDY, 1961 pág. 212)

Figura 13. Prensa



Fuente. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13433/3/>

En este proceso se prensan tanto licores corrientes como solubles, obteniendo tortas y luego polvos de las mismas características

Figura 14. Templadora



Fuente. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13433/3/>

2.4.9 Pulverizado. La torta una vez almacenada en los totes es enviada al equipo Luirgi para su enfriamiento y posteriormente para la pulverización en el quipo IPC 101. La torta pasa por pines de alta velocidad, logrando partículas más finas que finalmente son envasadas en sacos de 25Kg. Por este proceso ingresa torta corriente y soluble. De este proceso tenemos los productos y bebidas que permiten ser mezcladas o disueltas tanto para uso industrial como comercial. (URQUHART, 1963 pág. 50)

2.4.10 Envasado. Previo al envasado del producto terminado, el polvo es mezclado con azúcar y almacenado en recipientes de acero inoxidable que son llevados una tolva. El envasado se realiza en equipos verticales, en formatos de bolsa 200gr, y 500gr.

Una vez envasado las bolsas con colocadas en cajas y paletizadas para luego ser llevadas a la bodega de producto terminado. (ENRIQUEZ, 1986 pág. 214)

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TÉCNICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL MOLINO REFINADOR DE CACAO

3.1 Información existente

Dentro del contexto del presente, las propuestas de solución son el paso previo al diseño de estrategias de gestión para el desarrollo de la empresa y la conservación de los recursos en un ámbito determinado.

En la información existente encontramos un manual donde se explica los parámetros técnicos de operación y planos electromecánicos (ver anexo A) de los cuales vamos a partir para la reingeniería.

Antes vamos a evaluar los datos de operación para justificar el cambio de medios de control automatizados actualizados para mejorar la fiabilidad de la máquina.

Para que cumplan con el objetivo de aumentar la fiabilidad de la máquina, las soluciones deben ser elaboradas y presentadas cumpliendo un mínimo de requerimientos.

Debe recordarse que la propuesta de implementación de un nuevo sistema de automatización sea la mejor solución que se pueda recomendar de acuerdo a los recursos, datos, tiempo y presupuesto invertido en el trabajo.

El operario debe, por lo tanto, encontrar una explicación clara del procedimiento seguido en la detección y elaboración de cada solución.

Para ello se debe ser asertivo y veraz en la redacción explicando, en los estudios, cómo nacieron las propuestas de solución, independientemente del nivel de detalle con que se trabaje. Esta parte requiere que el o los ejecutantes del trabajo guarden la máxima ética profesional al formular y sustentar las propuestas.

A continuación vamos a elaborar un cuadro para determinar la documentación existente al nuevo proyecto de actualización de mecanismos teniendo en cuenta todo lo que tenemos actualmente y necesitamos implementar posteriormente.

Tabla 2. Documentación técnica

Documentación técnica	Si	No
Existe un manual de operación para que el usuario opere la máquina	X	
Existen planos para montaje de la máquina	X	
Existe guías para el mantenimiento preventivo		x
Existen catálogos de piezas, repuestos y maquinaria en si		x
Existe un manual de mantenimiento		x
Existe un manual de seguridad operacional para la máquina		x

Fuente. El autor

3.2 Estado de proceso

Actualmente la producción se realiza normalmente pero existen tiempos de parada frecuentes el cual afecta a la producción total, representando grandes pérdidas

La pérdida de rendimiento de la maquinaria es un parámetro importante que afecta el índice efectividad global de equipo. Buena parte de las pérdidas de rendimiento se deben a la presencia de pequeñas paradas que reducen el régimen normal de funcionamiento, pérdida de velocidad, flujo continuo de la fabricación y la calidad. Las pequeñas paradas son pequeñas averías de las máquinas, causadas por variaciones en los componentes y elementos incorporados al equipo.

Las causas más habituales de las pequeñas paradas (70%) se deben a deficientes diseños. Estos problemas incluyen diseño de productos con deficientes estándares o que no son alcanzables tanto para la fabricación y/o montaje. Se pueden presentar deficiencias en la selección de materiales, mecanismos, formas y construcción del equipo, piezas y herramientas. Otro 20 % se debe a la deficiencia en la gestión de fabricación, principalmente por el fallo de no emplear tiempo en los sitios de trabajo observando y haciendo mejoras para estandarizar las operaciones. Numerosos estándares en las industrias han sido establecidos en oficinas por especialistas que no pasan el tiempo en los puestos de trabajo, son poco prácticos, alejados de la realidad y sin ninguna base estadística para el tratamiento de tolerancias. El 10 % restante de las pequeñas paradas resulta del fallo de los operarios que no siguen los procedimientos estándares de trabajo establecidos. Este porcentaje puede ser superior en plantas en las

que, aunque los operarios colaboran en las áreas de mantenimiento, ignoran los estándares de limpieza, lubricación, ajuste, montaje de herramientas y útiles, siguiendo sus propios métodos fuera de los estándares de trabajo.

3.3 Calidad de las instalaciones

Los sistemas de cableado eléctrico poseen muchos elementos que por su naturaleza o condiciones de instalación, deben cumplir con los requisitos establecidos en las normas eléctricas.

Las instalaciones eléctricas actuales, dado que no están preparadas para resistir la creciente demanda eléctrica. Los conductores eléctricos que han cumplido su vida útil, son una de las principales causas de los accidentes eléctricos.

El sobrecalentamiento de los conductores, producido por el exceso de consumo eléctrico (sumado a una protección inadecuada), se traduce en envejecimiento acelerado de la aislación.

El conductor utilizado es de "mala calidad"(no cuenta con la certificación de acuerdo a normas), existiendo diferencias en la sección real del cobre, a pesar de ser conductores del mismo calibre o sección nominal.

Además, debemos tener en cuenta que:

El mal estado del material aislante, debido a la antigüedad del conductor, puede originar corrientes de fuga y hasta cortocircuitos, incrementando el peligro con presencia de humedad en el lugar de instalación.

La compra de materiales inadecuados, sin certificación, los que, generalmente, incumplen las normas de calidad y seguridad del producto, pueden poner en riesgo la instalación y a sus usuarios.

De la misma manera, es importante aprovechar el momento de las remodelaciones en la instalación, para inspeccionarla y determinar si su estado es el correcto para los artefactos eléctricos que se están usando y los que se proyecte utilizar en el futuro cercano.

Se debe considerar, además que el uso de conductores eléctricos antiguos puede ocasionar un mayor consumo de energía eléctrica de la instalación (pérdida de energía en forma de calor) de manera que, su renovación, permitirá ahorrar dinero y disponer de una instalación segura y confiable.

En este aspecto juegan un papel importante los usuarios, cuya toma de conciencia debe ser elevada dado el riesgo que conlleva tener una instalación en mal estado. Es mayor aún la responsabilidad de los profesionales calificados para estas labores, cuyas recomendaciones a los usuarios servirán para tomar mejores decisiones de seguridad eléctrica.

3.4 Calidad de los equipos de maniobra

Los equipos de maniobra actualmente cumplen con las normas específicas de calidad, que tienen por objetivo garantizar la seguridad individual de las personas y de las instalaciones.

Dentro del contexto de calidad interviene la parte de actualización y adaptación de las nuevas tendencias a la tecnología y actualización de sistemas y equipos para una alta eficiencia para el producto final.

3.5 Exigencias de producción

Nestle tiene como normativa de calidad las normas NQS (Nestle Quality Systems). Estas normas certifican la calidad de las unidades de negocio de la empresa (por tanto, nunca se refieren a los productos), y no distinguen distintos niveles de excelencia, es decir, las compañías pueden optar por estas normas en función de sus ámbitos de actuación.

Nestle tiene una demanda exigente de producción en el cual cada una de la maquinaria es crítica para un proceso en serie de un producto final terminado.

La mejora de calidad se aplica a productos, máquinas, sistemas, procesos, métodos y especialmente a las relaciones internas y externas del personal dentro de uno de los parámetros que se encuentran dentro de la normativa se exige:

Menos pérdidas de materias primas, producto, embalaje, agua, energía.

Producción más estandarizada y regular.

3.6 Exigencias de seguridad

Según la ley de prevención de riesgos laborales, las condiciones de trabajo e instalaciones son cualquier característica del mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y salud del trabajador.

Dentro de las instalaciones actuales existen normas a las cuales están sujetas pero es necesario aumentar la calidad y seguridad para obtener un ambiente seguro y dentro de los parámetros a la cual la empresa se ajusta.

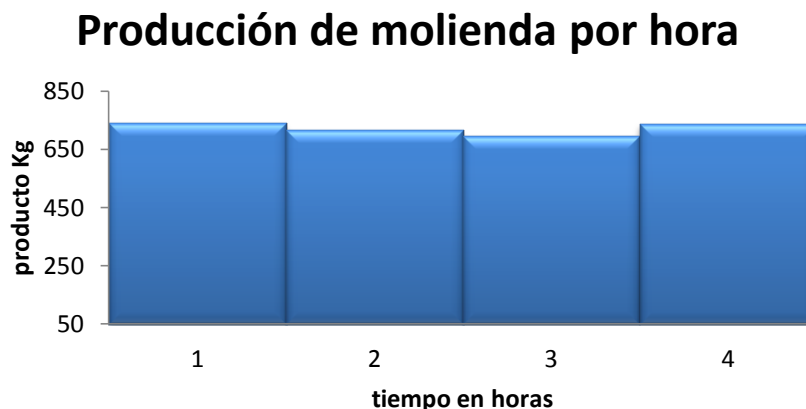
Se consideran condiciones de seguridad aquellas condiciones materiales que puede dar lugar a accidentes de trabajo. Son factores de riesgo derivados de las condiciones de seguridad de los elementos que, estando presentes en las condiciones de trabajo, pueden producir daños a la salud del trabajador

3.7 Proyección del sistema implementado la automatización

Actualmente tenemos una producción de 740 kg/h en la molienda de cacao con un mantenimiento planificado de parada de 8 horas después de 360 horas de funcionamiento en serie, pero tenemos desperfectos en el sistema de control el cual produce paradas pequeñas el cual repercute al producto final haciendo que las pérdidas en masa sean realmente altas

Para mejor entendimiento mostramos en la figura 15 la variación de producción

Figura 15. Producción de molienda por hora



Fuente. El autor

Para mejorar la fiabilidad en este equipo, se ha decidido automatizar el proceso de molienda evitando las pequeñas paradas de producción cambiando los dispositivos de control y actualizando el sistema cumpliendo con las exigencias de producción y la proyección de tener una producción en línea sin paradas inesperadas excepto por las de mantenimiento programado

Figura 16. Producción de molienda por hora



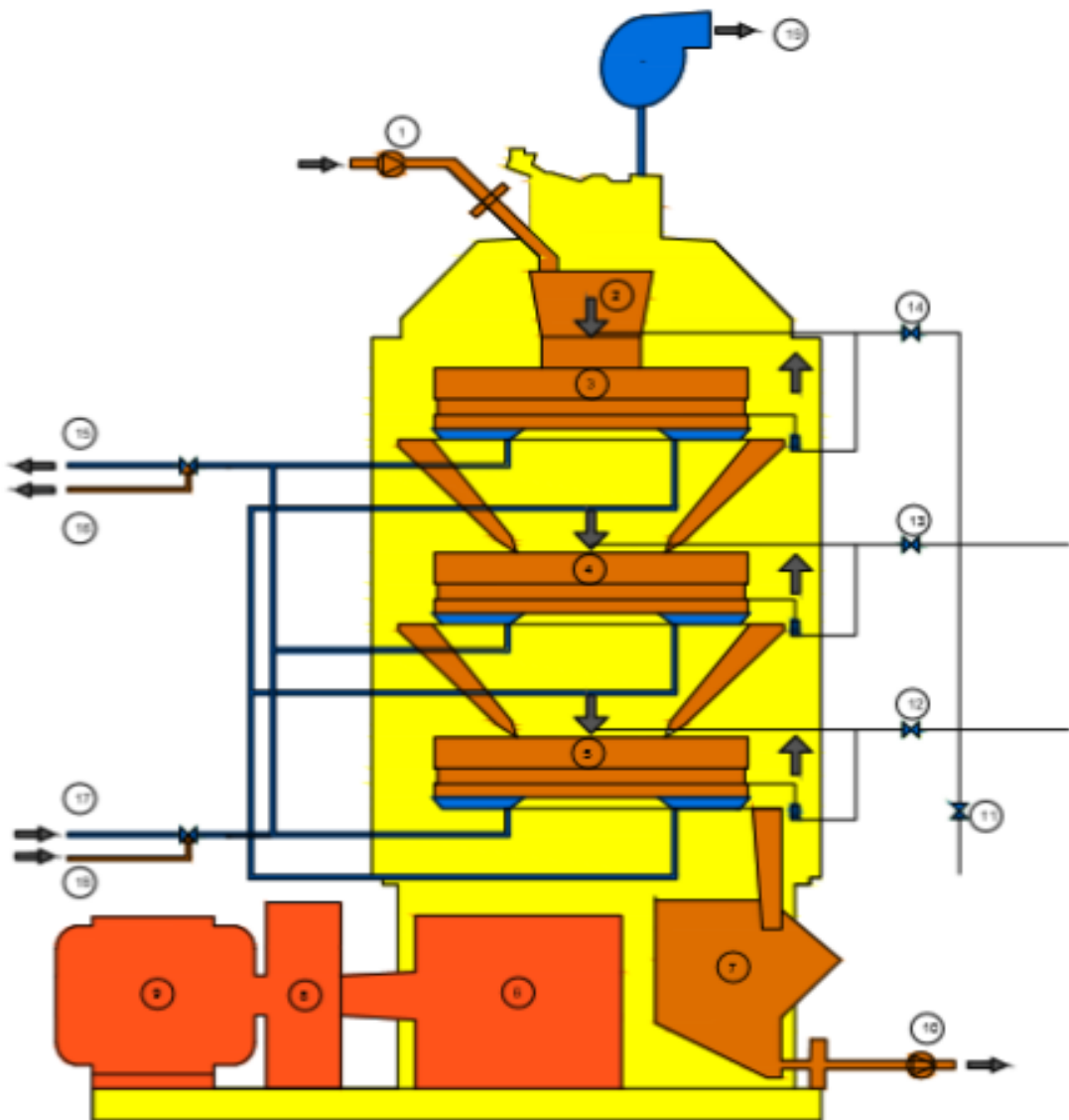
Fuente. El autor

CAPÍTULO IV

4. REINGENIERÍA, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL Y FUERZA PARA UN MOLINO REFINADOR DE CACAO UTILIZANDO UN PLCS7 – 300

4.1 Componentes del molino refinador de cacao

Figura 17. Molino refinador de cacao



Fuente. El autor

No.	NOMBRE
1	Bomba de entrada de producto
2	Sensor de presencia de fluido
3	piedra 1
4	piedra 2
5	piedra 3
6	reductor
7	Acoplamiento
8	Tanque de almacenamiento salida de producto
9	Motor
10	Bomba de salida de producto
11	Electroválvula principal de aire
12	Electroválvula cierre por fallo
13	Electroválvula cierre por fallo
14	Electroválvula cierre por fallo
15	Salida de agua fría
16	Salida agua caliente
17	Entrada agua fría
18	Entrada agua caliente
19	Extractor de gases

4.2 Limitación de uso

El molino refinador de licor de cacao es un aparato proyectado y construido solo para molienda de materiales blandos, su correcto funcionamiento depende de la utilización dentro de los parámetros operativos en este tipo de molino.

Se tiene que garantizar el correcto montaje y conexión del aparato confiando la instalación a personal calificado, fundamental en este sentido, En la conexión eléctrica

de los órganos de regulación y seguridad que garantizan un funcionamiento del quemador correcto y seguro.

No se debe sobrecargar el equipo puede llevar consecuencias de daño prematuro hasta la parada definitiva del mismo.

4.3 Ventajas e inconvenientes del molino refinador

La ventaja más importante en este molino es la calidad de molienda en el cual el producto sale semilíquido la molienda se realiza en una sola máquina y es necesario que se realice por una vez sola sin repetir el proceso varias veces.

Los molinos de piedra para molienda de cacao son indispensables para este proceso de fabricación de semielaborados. Los mismos generan temperatura por rozamiento y permiten la licuefacción de la grasa presente en el producto, creando así el licor de cacao.

Las piedras que están en contacto con producto son de grafito, el cual no es tóxico y no tenemos presencia de partículas ferrosas dentro de la molienda como se produce en otro tipo de molino.

La desventaja podemos decir que el tiempo desde la entrada hasta la salida del producto ya terminado es un poco más retardada.

4.4 Suministro de energía

El suministro de energía debe ser realizado por personal especializado que esté completamente familiarizado con este tipo de conexiones. Es necesario para poder accionar esta máquina una acometida de 440V considerando la distancia hacia el cual va a estar el panel principal de breaker con una malla a tierra.

Cálculo de acometida principal

$$I = \left(\frac{P}{\sqrt{3} E_L \cos \theta} \right)$$

$$I = \left(\frac{100hp * 746W}{\sqrt{3} 480V (0.8)} \right) = 112,16 \text{ A} \quad (1)$$

Para ello vamos a llegar a un panel principal el cual debe estar protegido por un breaker principal de 125A

Y el calibre del conductor según la tabla de norma verificamos que el calibre que necesitamos es 2

Figura 18. Tipos de conductores AWG

Calibre AWG	Área [mm ²]	Capacidad de corriente [A]		Constante regulación [% / kVA-m] 208/120 V 3f, 4 hilos (*)
		THW (1)(2)	THHN (1)(2)	
500	253	380	430	0,0002656290
400	203	335	380	0,0003045840
350	177	310	350	0,0003359790
250	127	255	290	0,0004276660
4/0	107,2	230	260	0,0004817590
2/0	67,43	175	195	0,0007092720
1/0	53,49	150	170	0,0008647410
2	33,62	115	130	0,0013076100
4	21,15	85	95	0,0020140100
6	13,30	65	75	0,0031232000
8	8,367	50	55	0,0049211700

Fuente. <http://iguerrero.wordpress.com/2009/06/01/topicos-de-instalaciones-electricas>

4.5 Encendido del molino refinador de cacao

Existen dos tipos de operaciones para accionar el molino refinador de cacao en forma manual y automática.

4.5.1 *Arranque del molino refinador de cacao en forma manual.* Existen diversos pasos que detallamos a continuación.

Poner el interruptor principal en I.

Apretar el pulsador “molino conectado”.

El motor principal de accionamiento arranca con las muelas levantadas.

Al entrar el producto a moler en el par de muelas superior se aprieta el pulsador “bajar”.

Después de haber fluido la masa sobre el canal inclinado en el par de muelas central, la muela central se hace bajar. De la misma manera se procede con el par de muelas medio e inferior. En este caso se encienden las lámparas de control en el armario de mando.

Al moverse la aguja del amperímetro de contacto más allá del contacto de la mínima, una lámpara verde se enciende, es decir la protección contra funcionamiento en seco debe conectarse a mano. En la versión con relé de tiempo, la conexión se efectúa automáticamente.

Al ser interrumpida la alimentación del producto a moler, los diferentes pares de muelas empiezan a girar en vacío.

El consumo de corriente cae por debajo del valor mínimo de la corriente ajustada. El molino refinador pasa a perturbación (encendido de alarma mediante una luz roja y sonido de bocina).

El impulso de conexión del contacto de mínima hace que en caso de una perturbación las muelas se distancien simultáneamente, impidiéndose con ello un funcionamiento en seco.

El contacto de máxima del amperímetro de contacto no tiene ninguna función de conexión.

Al ser sobrepasada la corriente nominal máxima, la perturbación será avisada a través de una lámpara y un sonido de bocina.

El molino refinador de cacao está protegido, en caso de ser sobrepasada la carga nominal, por medio de una unidad de conexión en el turbo acoplamiento.

Al ser sobrepasada la carga nominal, la máquina es desconectada.

4.5.2 *Tareas en Automático*

4.5.2.1 *Etapa 1: comienzo de la producción.* Debe cumplir estrictamente con los siguientes puntos:

- Temperatura OK (45 - 60) °C (temperatura de servicio) señalada por la luz temperatura menor
- Presión OK (P>6) Bar.
- Piedras arriba. Se encienden los indicadores de los sensores de seguridad.

Solamente podrá operar en automático si los puntos anteriores se cumplen.

1. Se presiona el botón inicio automático (Auto Start).
2. Se activará la bomba de alimentación para traer producto desde el tanque hasta el molino. La frecuencia de la bomba de alimentación puede ser manipulada por medio de la perilla ubicada en el tablero frontal.
3. El sensor a la entrada del molino detectará el licor. Se encenderá la luz piloto (entrada de producto) del tablero lateral.

4. Luego de 8 segundos de haber detectado licor se encenderá el motor principal del molino, extractor de gases y se activa el sistema de enfriamiento (accionamiento de la válvula de agua helada/caliente) simultáneamente.

5. Luego de 10 segundos (tiempo para que el licor recorra el molino) inicia el descenso de las piedras en el siguiente orden:

a) Superior (piedra 1). Espera 10 segundos.

b) Medio (piedra 2). Espera 10 segundos.

c) Inferior (piedra 3).

6. Se activa la protección de funcionamiento en seco (dry running).

4.5.2.2 *Etapa 2: Fin de la producción.* El apagado en modo automático sigue el siguiente orden:

1. Presionar el botón apagado automático (Auto Stop). Esto da inicio al apagado automático.

2. Se apaga la bomba de alimentación.

3. Desactiva la protección de funcionamiento en seco.

4. El sensor óptico deja de detectar producto.

5. Inicia el ascenso de las piedras en el siguiente orden:

a) Superior (Piedra 1). Espera 10 segundos.

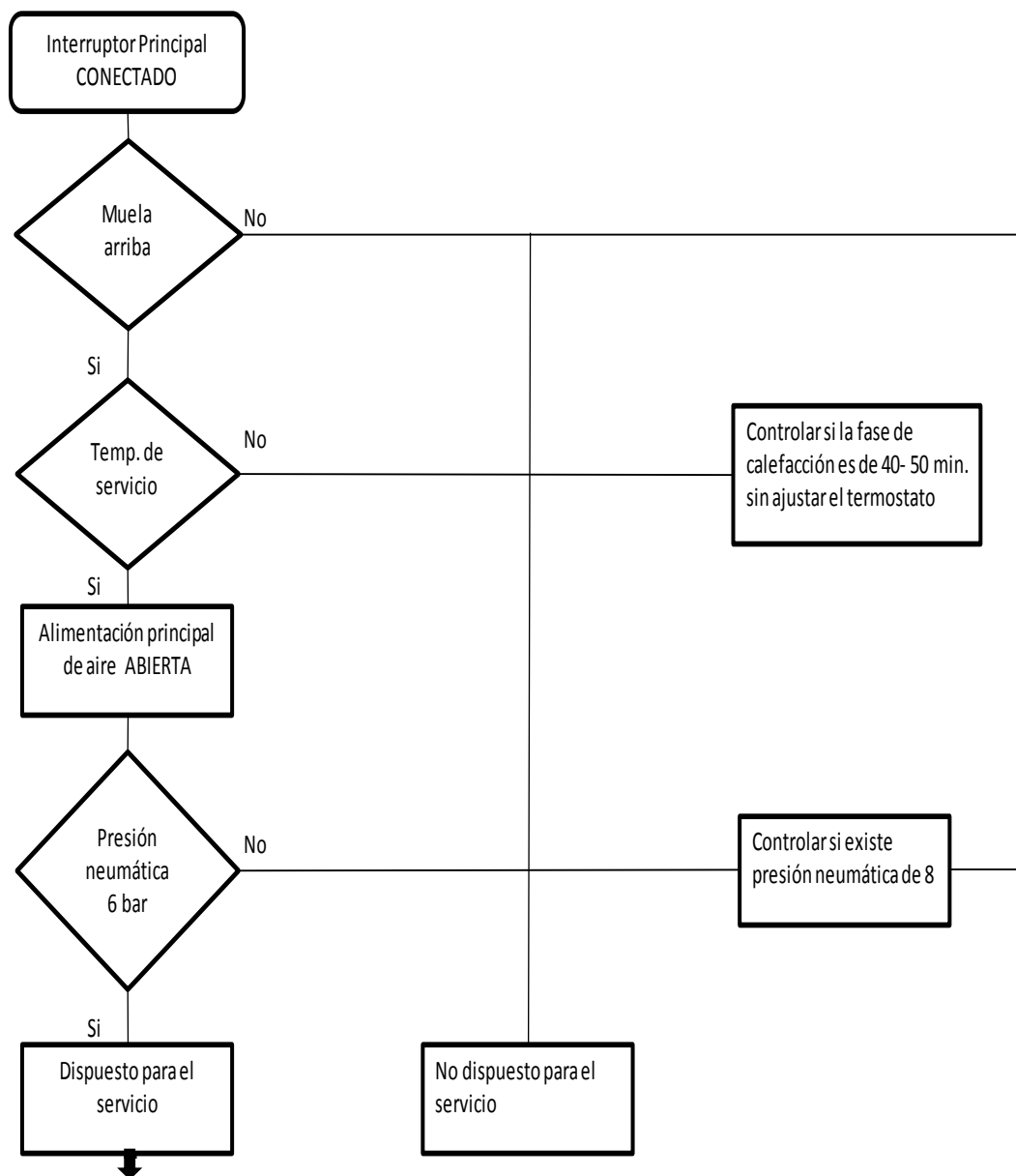
b) Medio (Piedra 2). Espera 10 segundos.

c) Inferior (Piedra 3).

6. Apaga el motor principal del molino, extractor de gases y se activa el sistema de calefacción (accionamiento de la válvula de agua helada/caliente) simultáneamente.

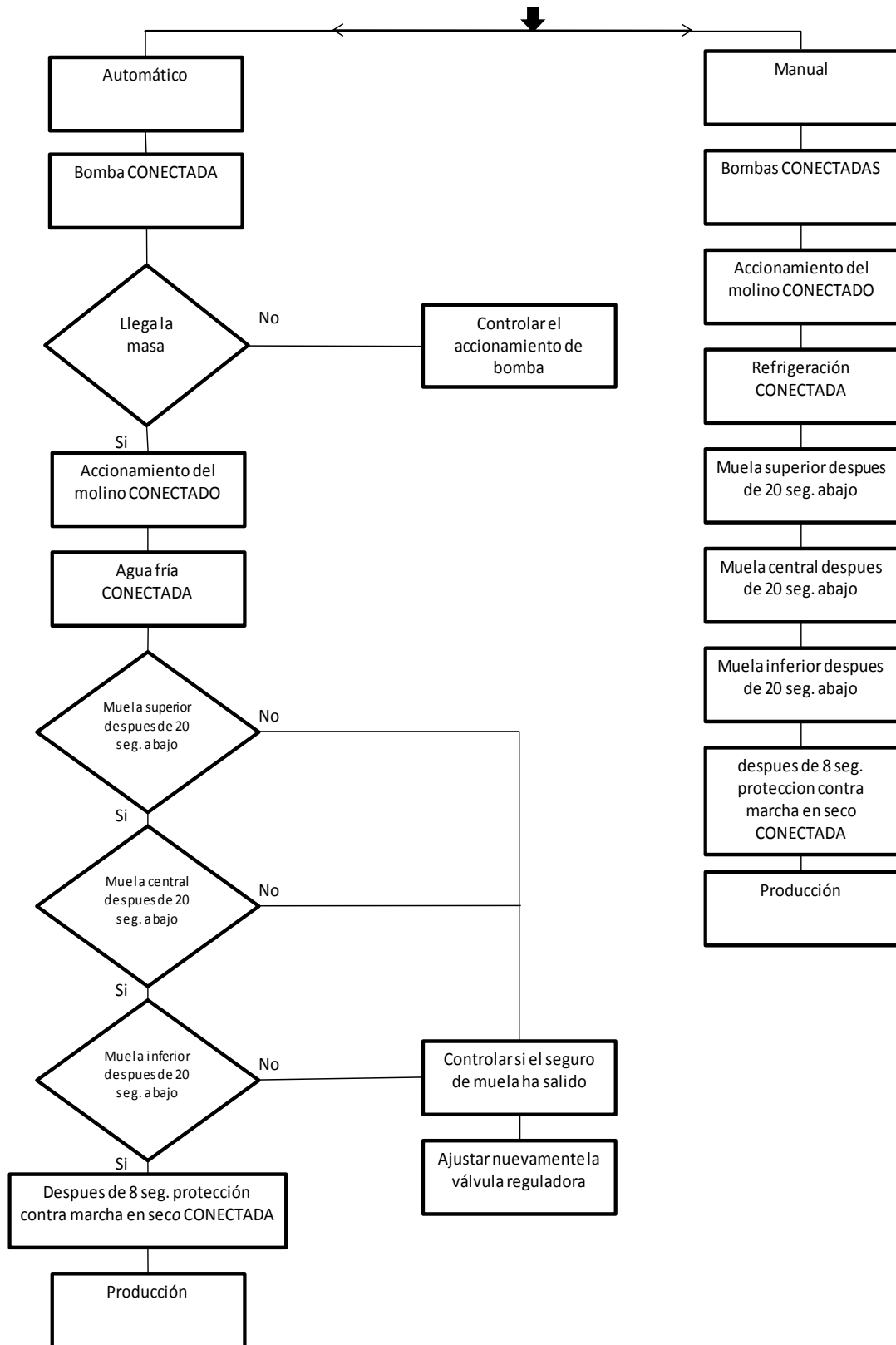
4.6 Parámetros operativos del molino refinador de cacao

Figura 19. Flujograma de inicio de producción



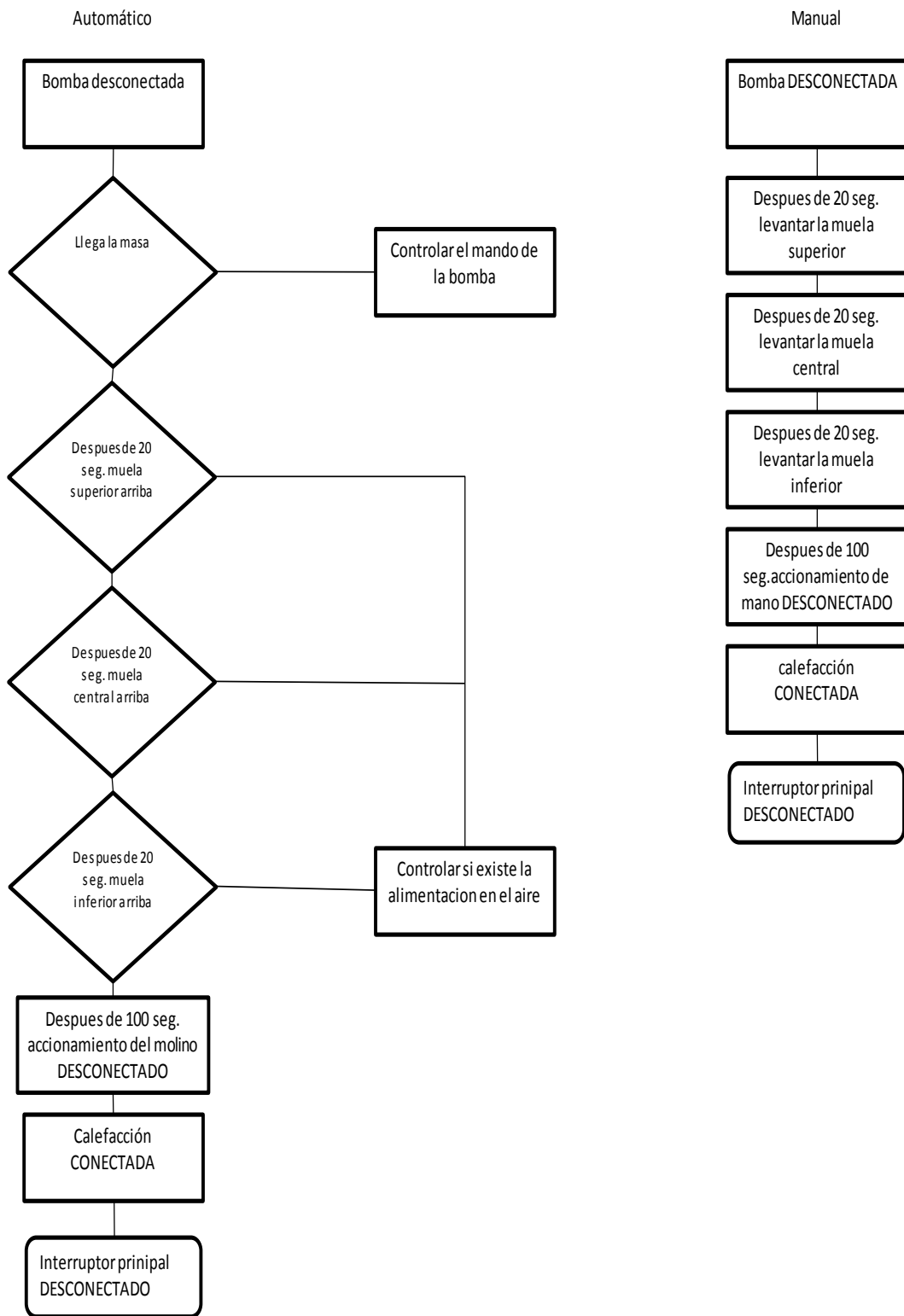
Fuente. El autor

Figura 20. Flujograma de la función automática y manual



Fuente. El autor

Figura 21. Flujograma de fin de producción



Fuente. El autor

4.7 Aplicación del PLC S7-300

El PLC como su nombre dice es un controlador lógico que es programable, en analogía, es el cerebro de todo proceso de producción automatizado. Conformado por circuitos integrados, componentes discretos y microprocesadores especializados para tal fin.

Figura 22. PLC S7-300



Fuente. Manual Simatic S7-300

4.7.1 Elaboración del proyecto en Simatic S7-300. El primer paso para crear un proyecto en el administrador Simatic es configurar el equipo a utilizarse, y se realizará el programa que gobernará el PLC. Para ello se efectuarán los siguientes pasos:

Primero iniciamos el Administrador Simatic, que abrirá el asistente para la creación de un nuevo proyecto, para continuar presionamos el botón Siguiente.

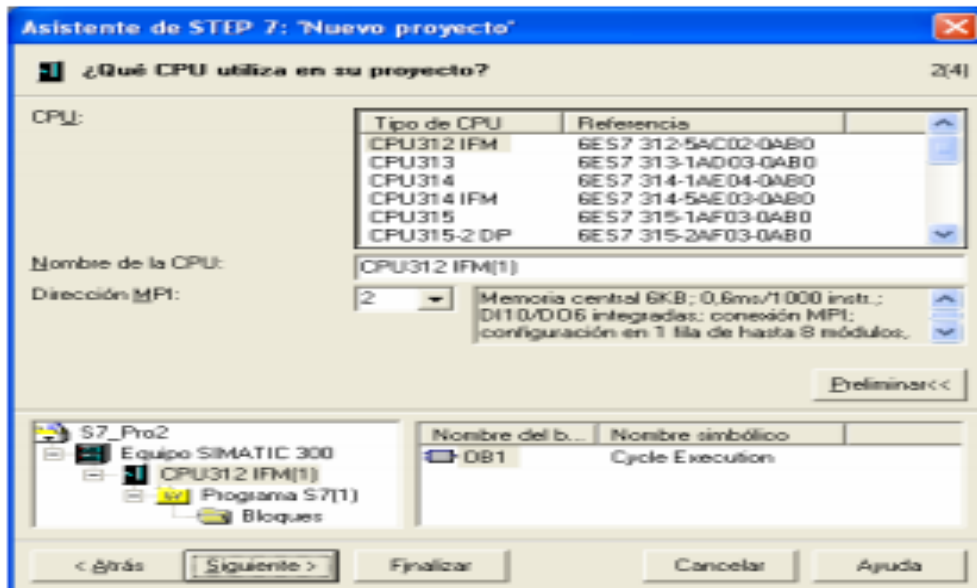
Figura 23. Icono del Administrador Simatic



Fuente. Simatic S7-300 profesional

En la siguiente ventana seleccionamos el tipo de CPU, en este caso será el CPU 315-2 DP.

Figura 24. Selección de CPU



Fuente. Simatic S7-300 profesional

Luego insertamos el bloque de programa principal, donde podemos ver la estructura del programa de una forma gráfica donde los datos fluyen a través de cables o líneas. En resumen, una vez construido el panel frontal, se crea automáticamente el código gráfico en el diagrama de bloques, representando las funciones de los controles que fueron puestos en el panel frontal y sólo bastaría unir correctamente los terminales de los controles e indicadores para el funcionamiento OB1, en el cual crearemos el programa, también se muestran los bloques de interrupción, Además se selecciona el lenguaje de programación el cual puede ser:

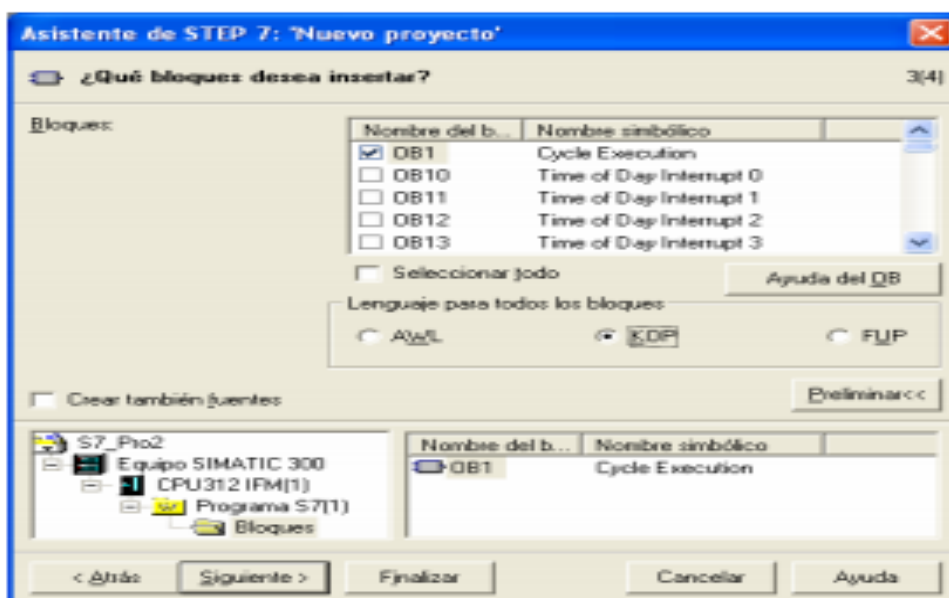
AWL, utilizando comandos de textos secuenciales,

KOP; lenguaje escalera utilizado en diagramas de controles eléctricos, mediante contactos y bobinas,

FUP, se utiliza bloques de funciones lógicas.

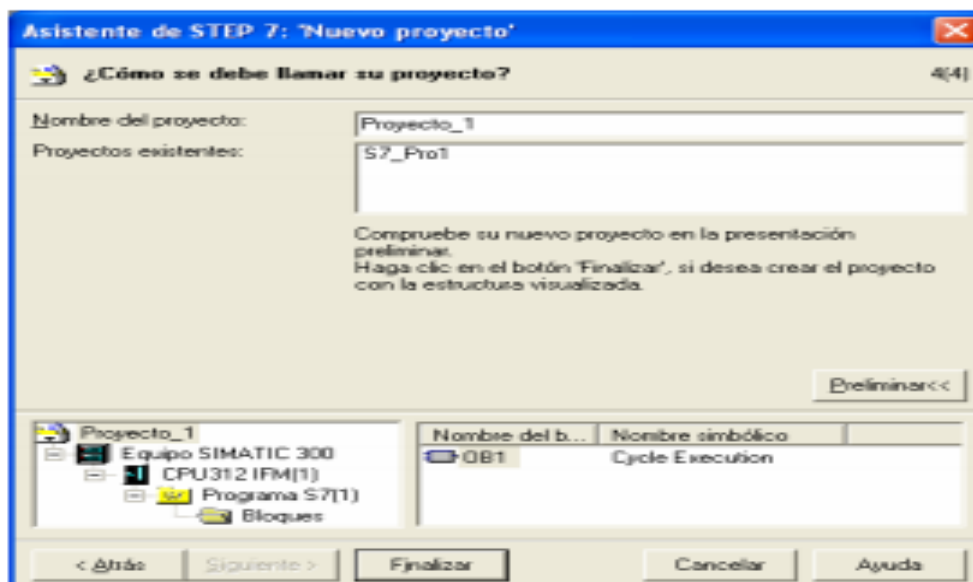
A continuación escribimos el nombre del proyecto y con esto finalizamos su creación

Figura 25. Asistente de STEP7: Selección de bloque



Fuente. Simatic S7-300 profesional

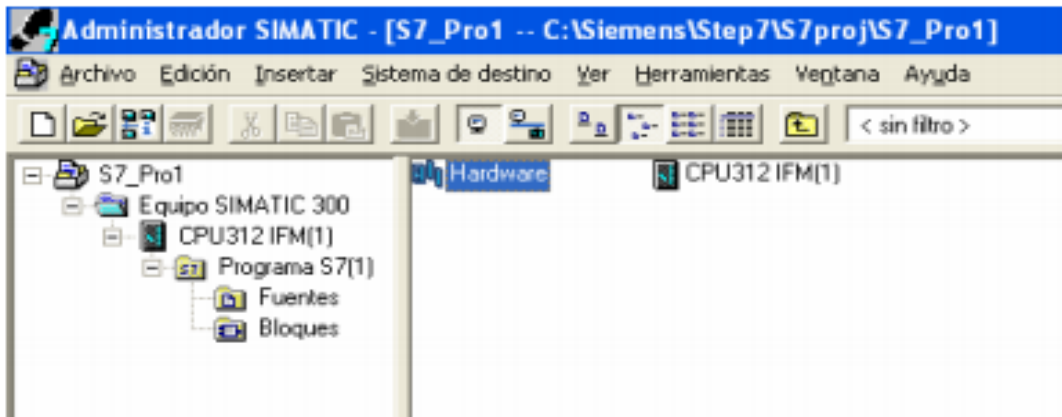
Figura 26. Programación del nombre del proyecto



Fuente. Simatic S7-300 profesional

4.7.2 Configuración del hardware. Una vez creado el proyecto, procedemos a configurar el hardware que poseemos, para esto damos doble clic en el ícono Hardware, ubicado en la carpeta Equipo Simatic S7-300.

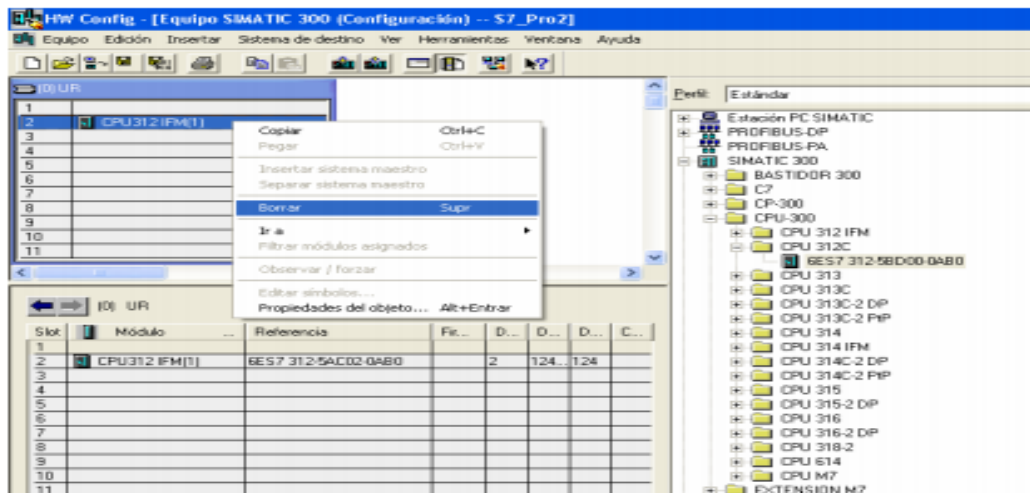
Figura 27. Configuración del hardware



Fuente. Simatic S7-300 profesional

El programa muestra, muestra el bastidor 0, (0) UR, y el catálogo de hardware, que muestra los componentes de hardware configurables (Bastidor, CPU, fuente de poder, módulos de expansión e interfaz) Si este no aparece, seleccione Catálogo en el menú ver.

Figura 28. Configuración de CPU



Fuente. Simatic S7-300 profesional

Se debe tener en cuenta que cada módulo tiene su espacio definido en el bastidor.

Slot1: para fuentes de poder (PS-300)

Slot2: para la CPU (CPU-300)

Slot3: para módulos de interfaz entre bastidores (IM-300)

Slot4 y siguientes: para módulos de señales (SM-300)

A continuación se muestra el equipo configurado

Figura 29. Equipo configurado

Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Dirección S
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0				
2	CPU 312C	6ES7 312-5BD00-0AB0	V1.0	2		
2.2	DI16/DO6				126...127	124
2.4	Contador				788...789	788...789
3						
4	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0			0...1	
5	DO16xRel.AC120V/2A	6ES7 322-1BH01-0AA0				4...5
6	AD4x12Bit	6ES7 332-5HD01-0AB0				288...295
7	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0			304...319	
8						
9						
10						

Fuente. Simatic S7-300 profesional

Direccionamiento de entradas y salidas

El siguiente paso será asignar las direcciones a las entradas y salidas, para su posterior utilización de una manera más ordenada en el programa que vamos a realizar. En un programa de SimaticS7-300 los operandos tales como señales de entrada y salida, marcas, temporizadores, contadores, bloques de datos y bloques de función, se representan de una manera específica como se detalla a continuación:

Tipo: Entrada (I), Salida (Q), Marca interna (M),

Temporizador (T), Contador (C), Bloque de datos

(DB), bloque de función (FB)

Para trabajar con esta convención de siglas para el tipo, seleccionamos en el menú herramientas del administrador Simatic, preferencias, y en la pestaña idioma seleccionamos nemotécnica.

Inglés.

Byte: Grupo

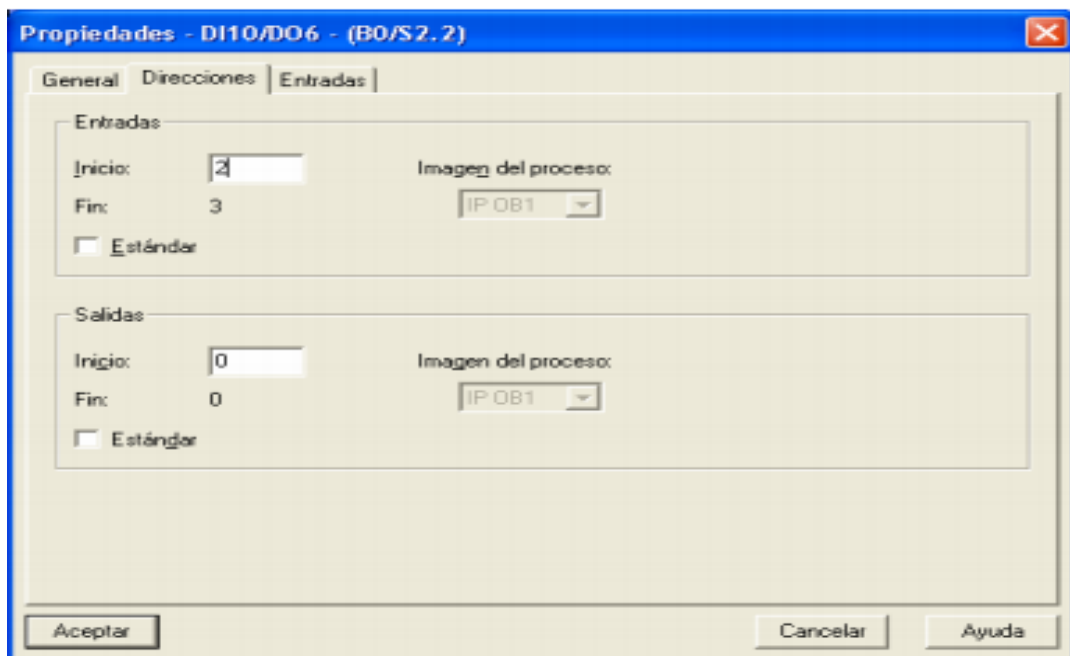
Bit: (0 – 7) Índice de la entrada o salida digital.

Por ejemplo: I 2.4, entrada ubicada en el bit 4 del byte 2.

En caso de ser analógica requerirá dos bytes (word), por lo que se habrá de tener cuidado de no utilizar dos direcciones consecutivas, pues causaría una superposición de los espacios de memoria. Se denomina una entrada o salida analógica usando el tipo y el byte en que inicia, se añade también la letra W para especificar que es tipo word, por ejemplo: QW 10

Para asignar las direcciones a las entradas y salidas, damos clic derecho en cada uno de los módulos de señales y seleccionamos propiedades del objeto.

Figura 30. Direccionamiento de entradas y salidas

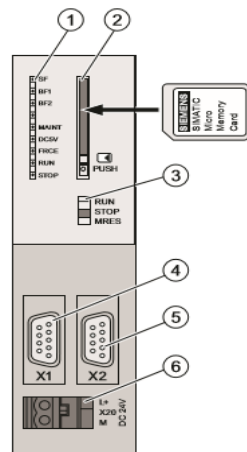


Fuente. Simatic S7-300 profesional

En esta ventana seleccionamos la pestaña Direcciones y desactivamos la casilla Estándar, para poder modificar el inicio de las direcciones, el final se asigna automáticamente dependiendo del número de entradas o salidas que disponga el módulo, del mismo modo se realizará con los demás.

4.8 Selección de elementos de mando y señalización: CPU 315-2 DP

Figura 31. Elementos del PLC



Cifra	Descripción
①	Indicadores de estado y error: La CPU 315-2 DP tiene un solo LED de error de bus: BF La CPU 317-2 DP tiene dos LEDs de error de bus: BF1 y BF 2
②	Ranura de la Micro Memory Card SIMATIC con expulsor
③	Selector de modo
④	1. interfaz X1 (MPI en la CPU 315-2 DP, MPI/DP en la CPU 317-2 DP)
⑤	2. interfaz X2 (DP)
⑥	Conexión para la fuente de alimentación

Fuente. Manual Simatic S7-300

4.9 Indicadores de estado y error de la CPU 315-2 DP

Tabla 3. Indicadores de LED

INDICADORES DE LED	COLOR	SIGNIFICADO
SF	Rojo	Error de hardware o software
BF	Rojo	Error de bus en la interfaz DP (X2)
MAINT	Amarillo	Mantenimiento solicitado (sin función)
DC5V	Verde	Alimentación de 5 V para la CPU y el bus del S7-300
FRCE	Amarillo	LED encendido: petición de forzado permanente activa LED parpadea a 2 Hz: función test de intermitencia de la estación
RUN	Verde	CPU en RUN El LED parpadea a 2 Hz al arrancar y a 0,5 Hz en el modo de parada.
STOP	Amarillo	CPU en STOP o bien en PARADA o arranque Al solicitar un borrado total, el LED parpadea a 0,5 Hz y durante el borrado total a 2 Hz.

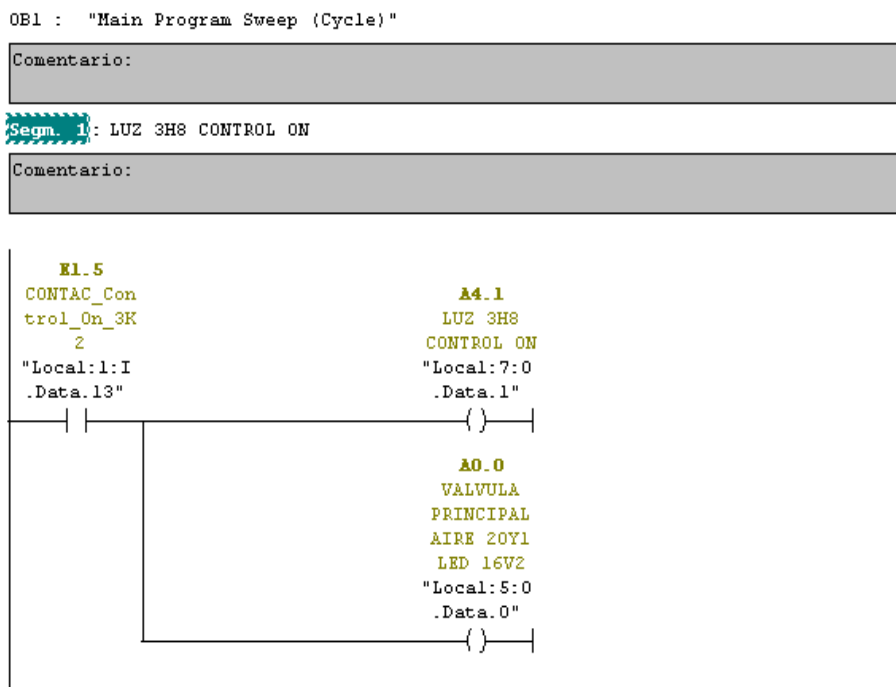
Fuente. Manual Simatic S7-300

4.10 Programación del molino Lehmann

Descripción del requerimiento: Se necesita realizar la programación del molino Lehmann capaz de operar en modo manual y automático.

4.10.1 *Activación del tablero a través del botón "control on".* Habilita los botones del tablero frontal y lateral. Se activa la válvula principal de aire.

Figura 32. Programación de la activación automática



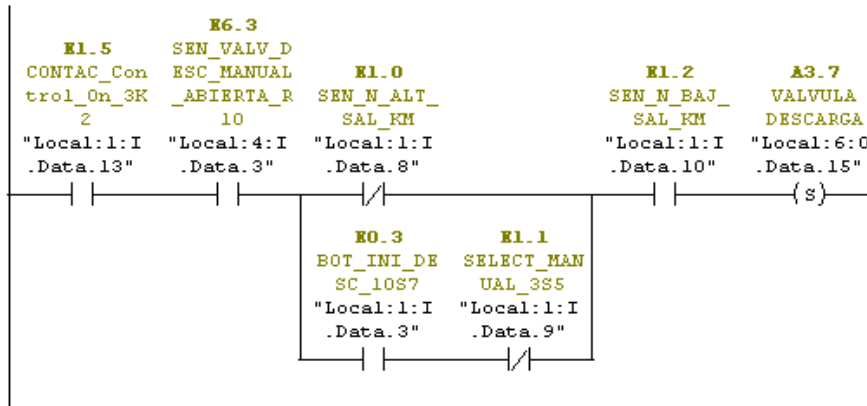
Fuente. Simatic S7-300 profesional

4.10.2 *Sistema independiente de descarga de producto.* Este sistema es independiente al modo de trabajo seleccionado. - activa válvula de descarga y bomba de descarga por medio del sensor de nivel alto en el recipiente de salida. - desactiva bomba de descarga y válvula de descarga por medio del sensor de nivel bajo en el recipiente de salida.

Figura 33. Programación de la válvula descarga

Segm. 4 : VALVULA DESCARGA

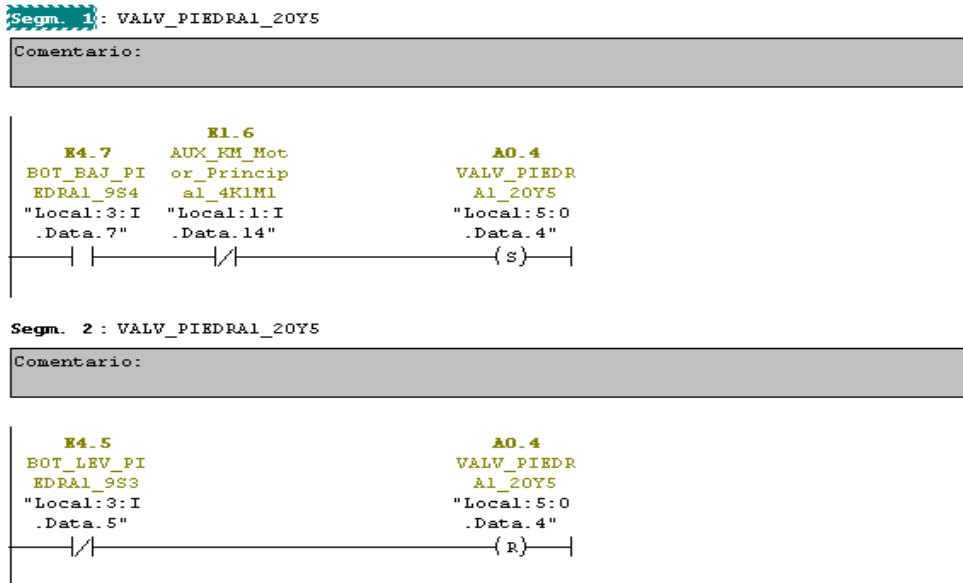
Comentario:



Fuente. Simatic S7-300 profesional

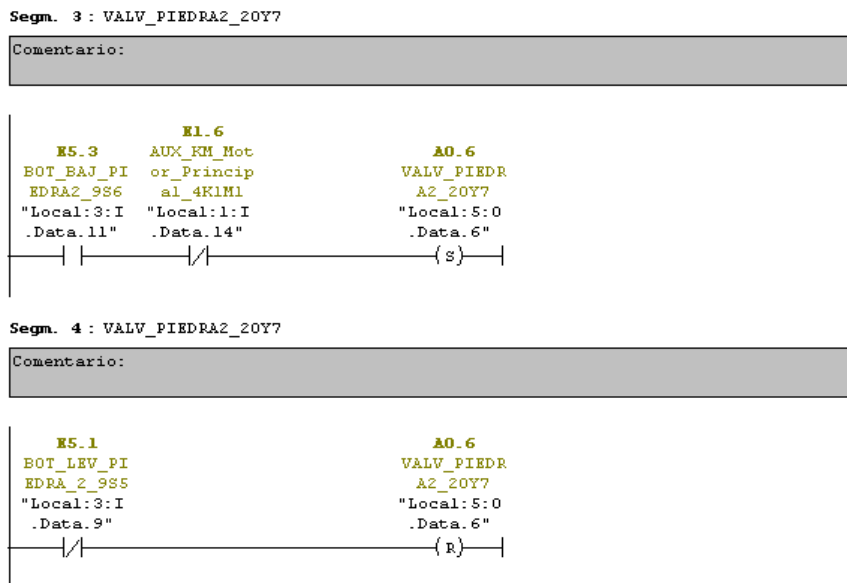
4.10.3 Modo manual o de prueba. Si el selector está en manual, el molino podrá ser manipulado por el operador de turno. Se dispondrá de una luz piloto para indicar el modo actual del molino. Este modo sirve para realizar las pruebas respectivas de cada una de las partes del sistema. Tareas en manual: - permite accionar (bajar, subir) cada una de las piedras por medio de los botones correspondientes cuando el motor principal del molino se encuentre apagado. - enciende bomba de alimentación por medio del botón “encender alimentación”. - apaga la bomba de alimentación por medio del botón “apagar alimentación”. - enciende el motor principal del molino por medio del botón “encender molino” siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones: o temperatura ok -> 45 - 60° C o presión ok -> p> 6 bar o piedras arriba juntamente con la activación del molino se encenderá el extractor de gases y el sistema de enfriamiento (válvula de agua helada/caliente). - apaga el motor principal del molino por medio del botón “apagar molino”. al apagar el motor principal del molino también se apagará el extractor de gases y activará la calefacción (válvula de agua helada/caliente). - encender la bomba de descarga presionando el botón “iniciar de descarga” siempre y cuando el sensor de nivel bajo detecte que hay producto. - apagar la bomba de descarga presionando el botón “Detener de Descarga” a menos que el Sensor de Nivel Alto continúe detectando licor.

Figura 34. Programación del sistema manual



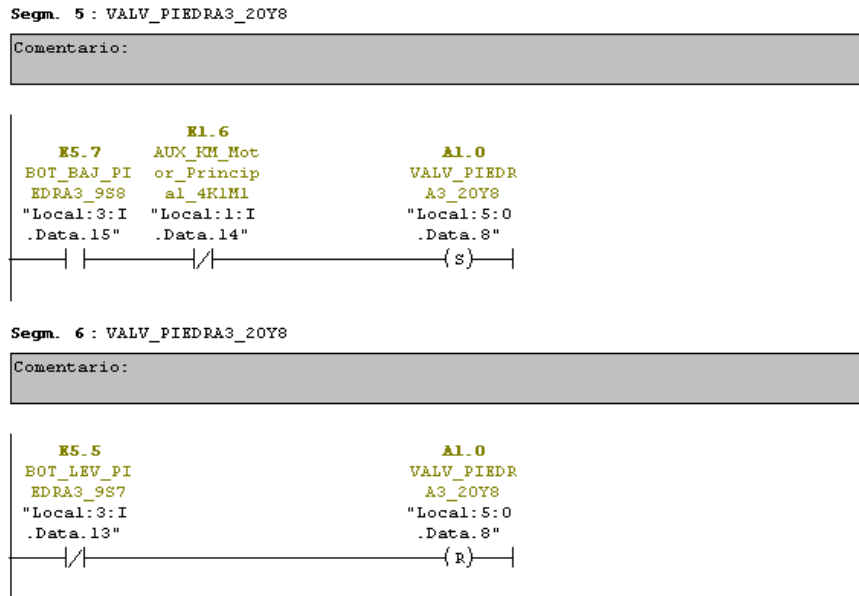
Fuente. Simatic S7-300 profesional

Figura 35. Programación de la válvula piedra2



Fuente. Simatic S7-300 profesional

Figura 36. Programación de la válvula piedra3



Fuente. Simatic S7-300 profesional

4.10.4 Modo automático u operativo. Si el selector está en automático, el encendido y apagado de las bombas, motores y las respectivas válvulas será comandado por el PLC S7-300. Se dispondrá de una luz piloto para indicar el modo actual del molino. Tareas en Automático:

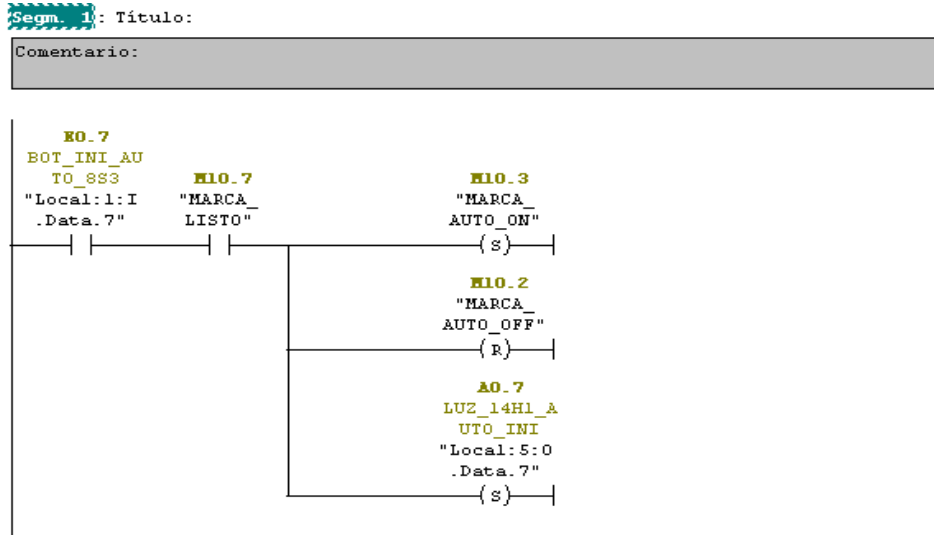
Etapa 1: Comienzo de la producción. Debe cumplir estrictamente con los siguientes puntos.

Temperatura OK -> (45- 60) °C (temperatura de servicio) señalada por la luz [T>min].
o Presión OK -> P>6 Bar. Se enciende el indicador [P>min] o piedras arriba.

Se encienden los indicadores de los sensores de seguridad. Solamente podrá operar en Automático si los puntos anteriores se cumplen.

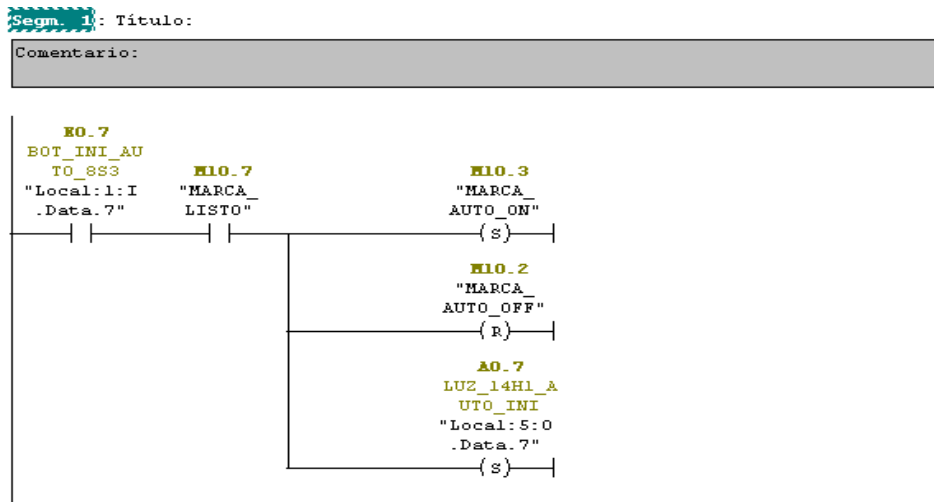
Se presiona el botón inicio automático (Auto Onn)

Figura 37. Programación del modo automático



Fuente. Simatic S7-300 profesional

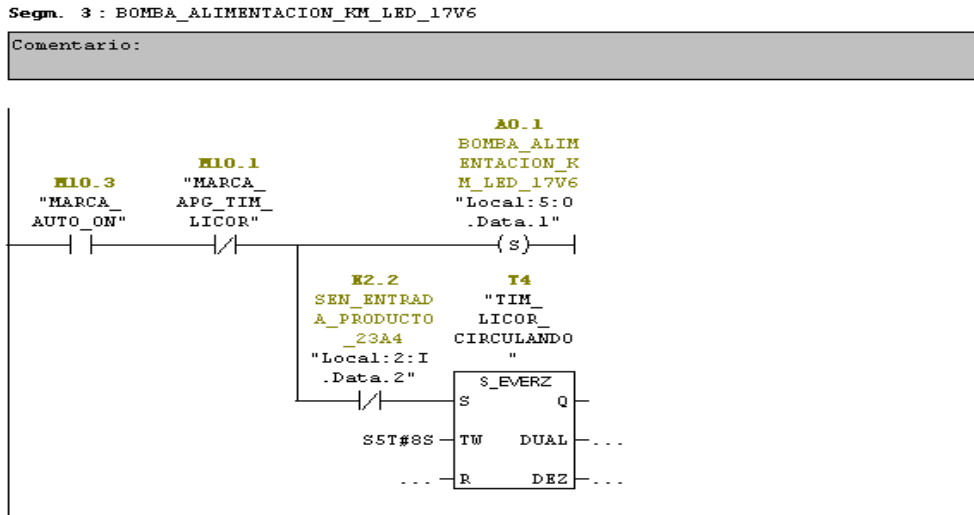
Figura 38. Programación de inicio automático



Fuente. Simatic S7-300 profesional

Se activará la Bomba de Alimentación para traer producto desde el tanque hasta el molino.

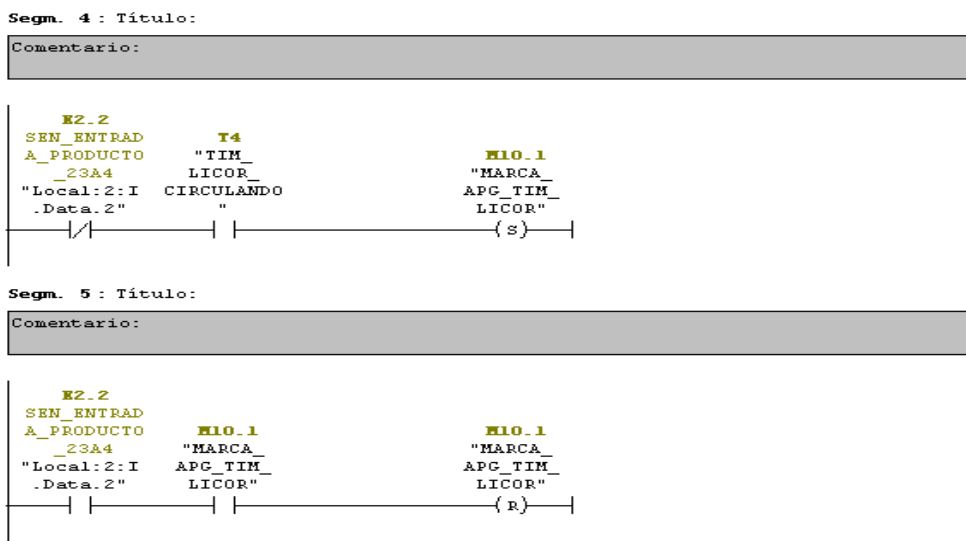
Figura 39. Programación de la activación bomba de alimentación



Fuente. Simatic S7-300 profesional

El sensor óptico detectará el licor. Se encenderá la luz piloto entrada de producto.

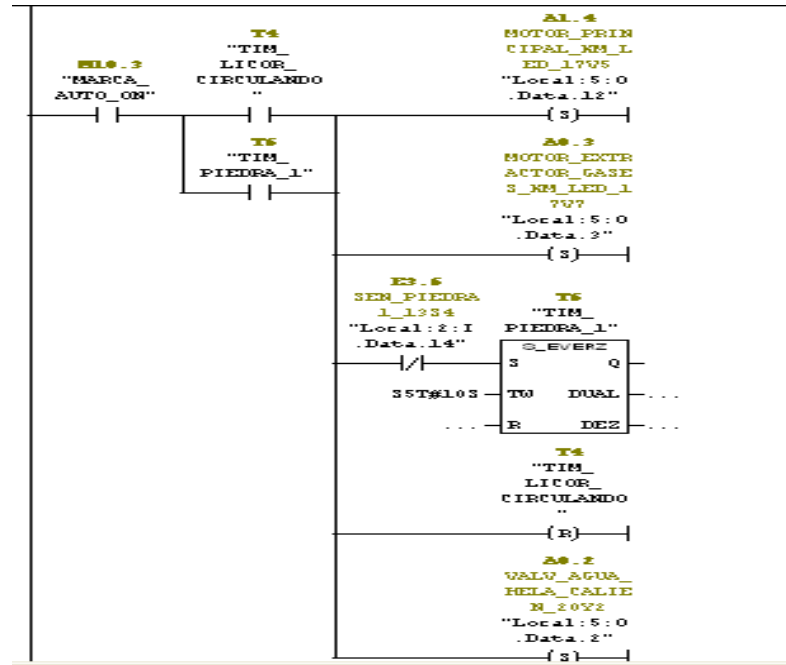
Figura 40. Programación de entrada de producto



Fuente. Simatic S7-300 profesional

Enciende el motor principal del molino, extractor de gases y se activa el sistema de enfriamiento (accionamiento de la válvula de agua helada/caliente) simultáneamente.

Figura 41. Programación de licor circulando



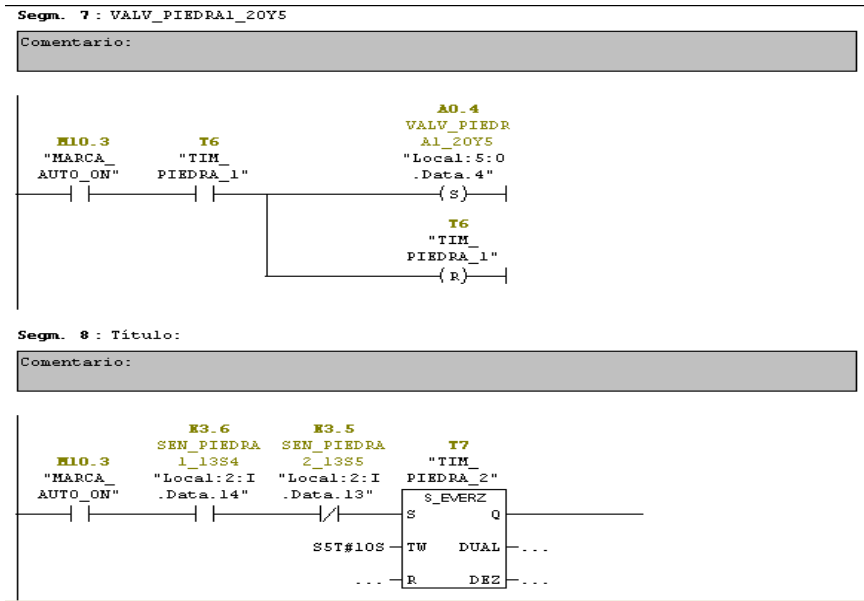
Fuente. Simatic S7-300 profesional

Luego de 10 segundos (tiempo para que el licor recorra el molino) inicia el descenso de las piedras en el siguiente orden:

- a) Superior (Piedra 1). Espera 20 segundos.
- b) Medio (Piedra 2). Espera 20 segundos.
- c) Inferior (Piedra 3).

El descenso de las piedras es en forma consecutiva si el sensor que comanda este proceso no detecta licor la maquina inmediatamente detectara el proceso como fallo.

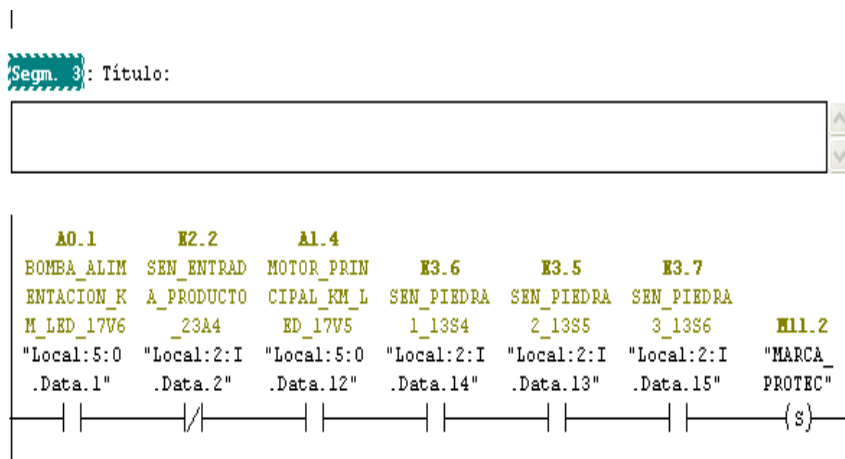
Figura 42. Programación de inicio descenso de piedras



Fuente. Simatic S7-300 profesional

Activación de protección de marcha en seco (dry running).

Figura 43. Programación de activación de marcha en seco

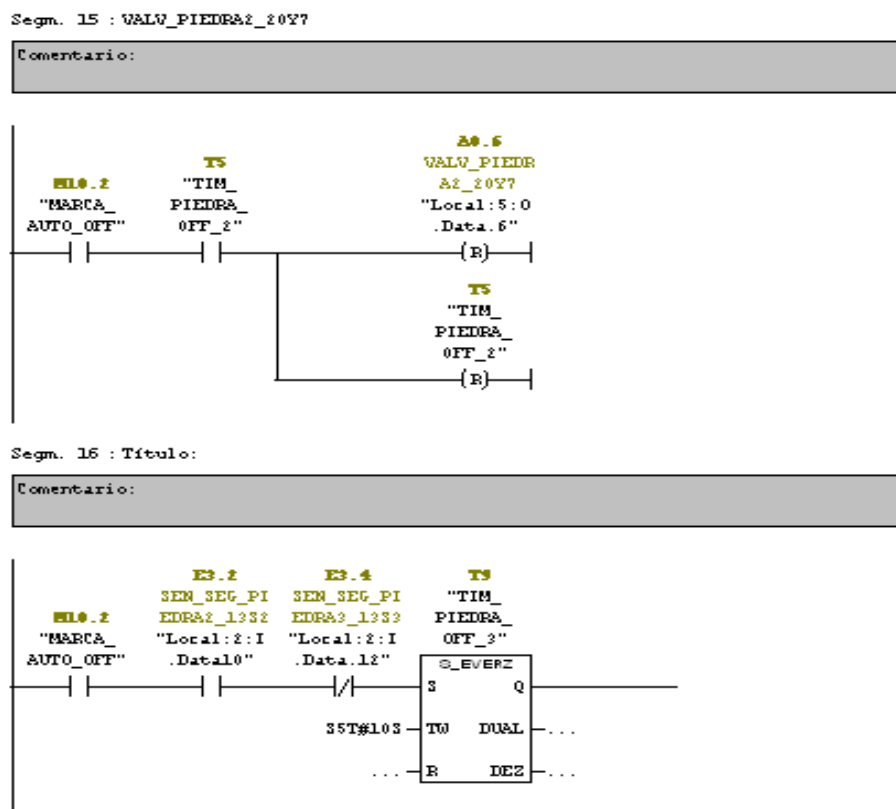


Fuente. Simatic S7-300 profesional

Etapa 2: Fin de la producción para el apagado esto en modo automático se deberá seguir el siguiente orden el cual se ejecuta en forma consecutiva siguiendo un orden en el cual cada paso confirma su ejecución para poder seguir al siguiente paso, en caso de no recibir ninguna confirmación el proceso indicara un fallo.

Presionar el botón apagado automático (Auto Stop.)

Figura 44. Programación del apagado automático



Fuente. Simatic S7-300 profesional

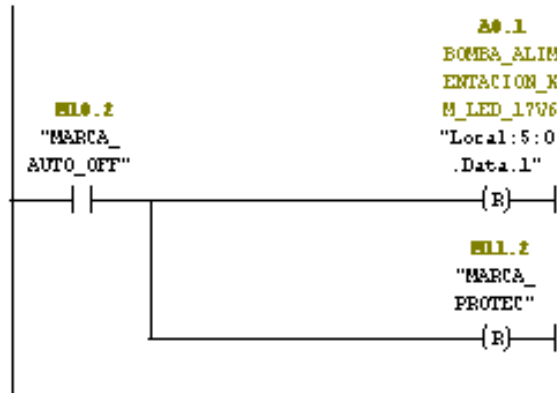
Apaga la Bomba de Alimentación.

En caso de apagar la bomba de alimentación de producto el PLC indicara el fallo el paso que debemos seguir es revisar los controles de mando de la bomba donde puede ocurrir el problema.

Figura 45. Programación de apagado bomba de alimentación

Segm. 12 : BOMBA_ALIMENTACION_KM_LED_1796

Comentario:



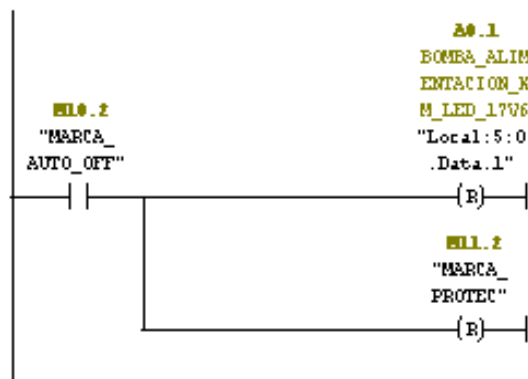
Fuente. Simatic S7-300 profesional

Desactiva la protección de marcha en seco (dry running).

Figura 46. Programación de desactivar protección marcha en seco

Segm. 12 : BOMBA_ALIMENTACION_KM_LED_1796

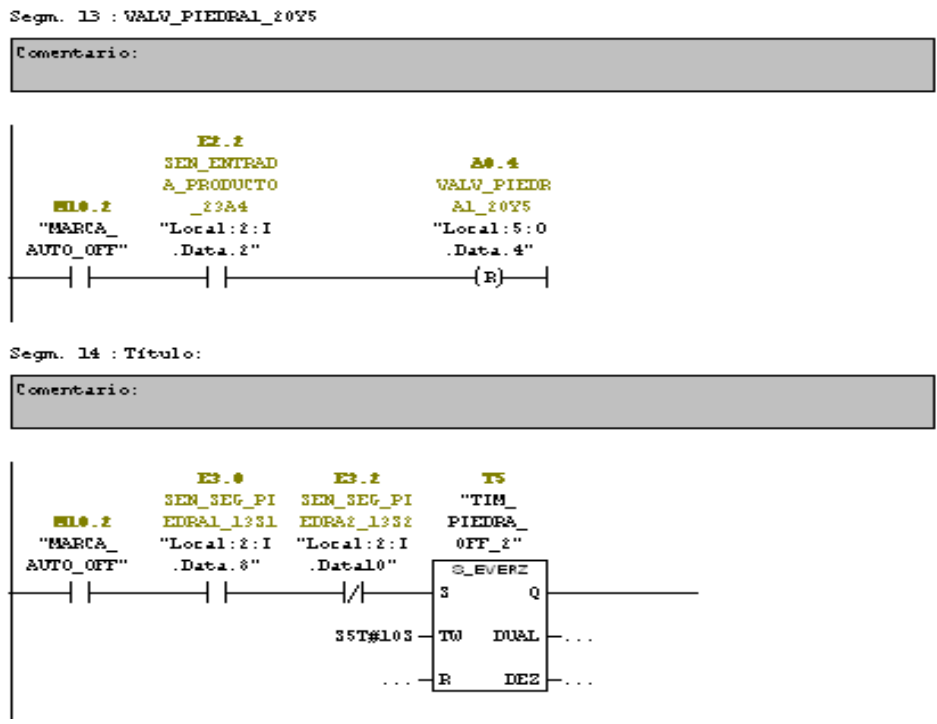
Comentario:



Fuente. Simatic S7-300 profesional

El sensor óptico deja de detectar producto.

Figura 47. Programación de sensor no detecta producto



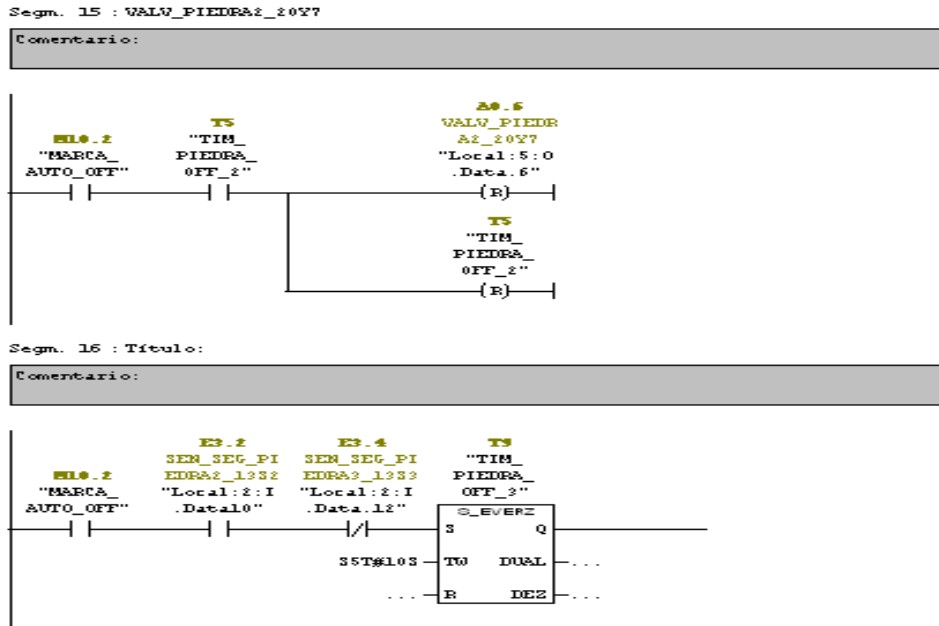
Fuente. Simatic S7-300 profesional

Inicia el ascenso de las piedras en el siguiente orden: (ver figura 48)

- a) Superior (Piedra 1). Espera 20 segundos
- b) Medio (Piedra 2). Espera 20 segundos.
- c) Inferior (Piedra 3).

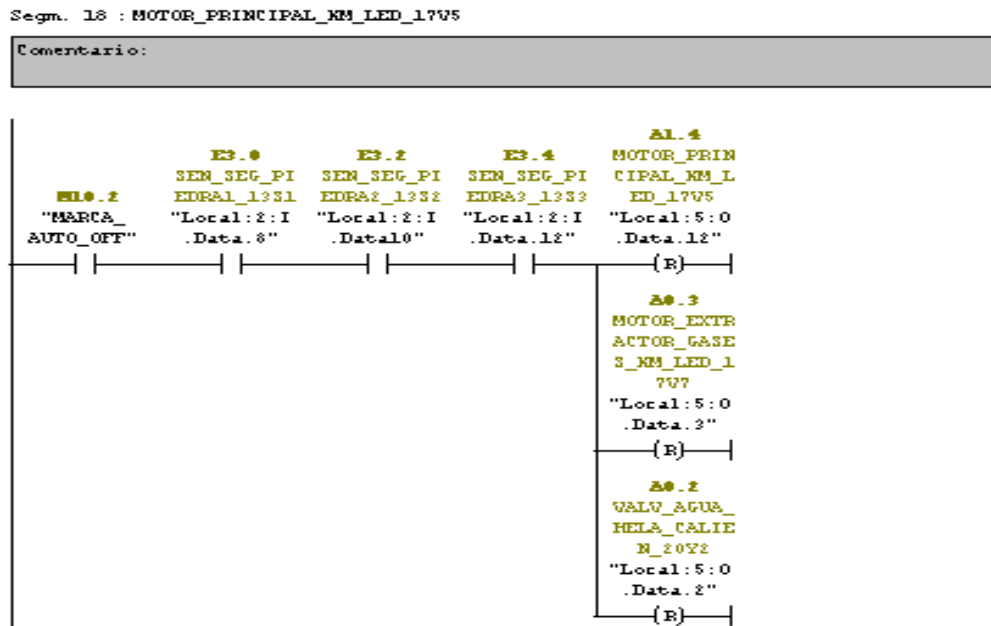
El siguiente paso a seguir apaga el motor principal del molino, extractor de gases y se activa el sistema de calefacción (accionamiento de la válvula de agua helada/caliente) simultáneamente. (Ver figura 49)

Figura 48. Programación de ascenso de piedras



Fuente. Simatic S7-300 profesional

Figura 49. Programación de apagado motor principal



Fuente. Simatic S7-300 profesional

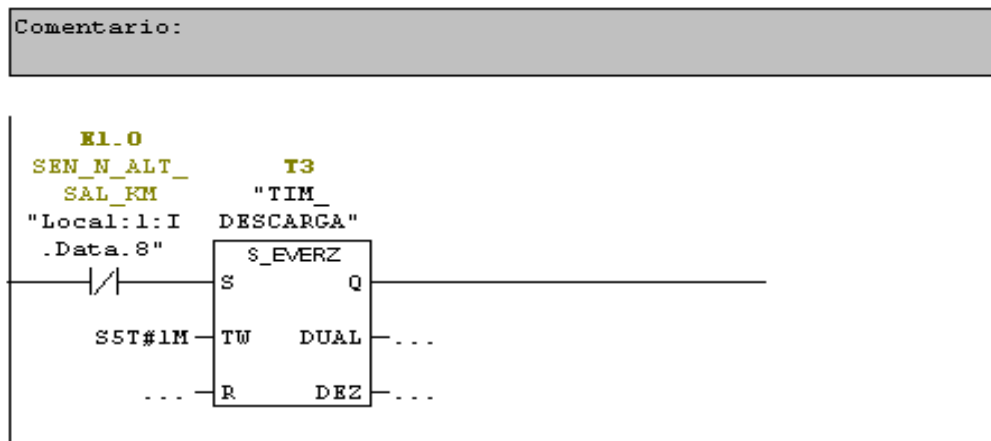
4.10.5 Alarmas y protecciones. Al ocurrir alguna acción que salga de los parámetros normales de funcionamiento, el sistema mandará la señal de falla a través de la “Luz piloto de falla” y la “sirena”.

El sistema consta con las siguientes protecciones para garantizar la seguridad de cada una de sus partes físicas, como del proceso:

Al momento de encender la bomba de alimentación de dará un tiempo de 2 minutos para detectar licor a la entrada del molino, caso contrario apaga la bomba.

Si se activa el sensor de nivel alto en la tina de entrada de producto se apagará la bomba de alimentación.

Figura 50. Programación de sensor de nivel alto



Fuente. Simatic S7-300 profesional

El motor principal del molino podrá encenderse siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones de trabajo, caso contrario no permitirá su activación hasta que estos puntos se cumplan:

Temperatura OK -> (45– 60)° C

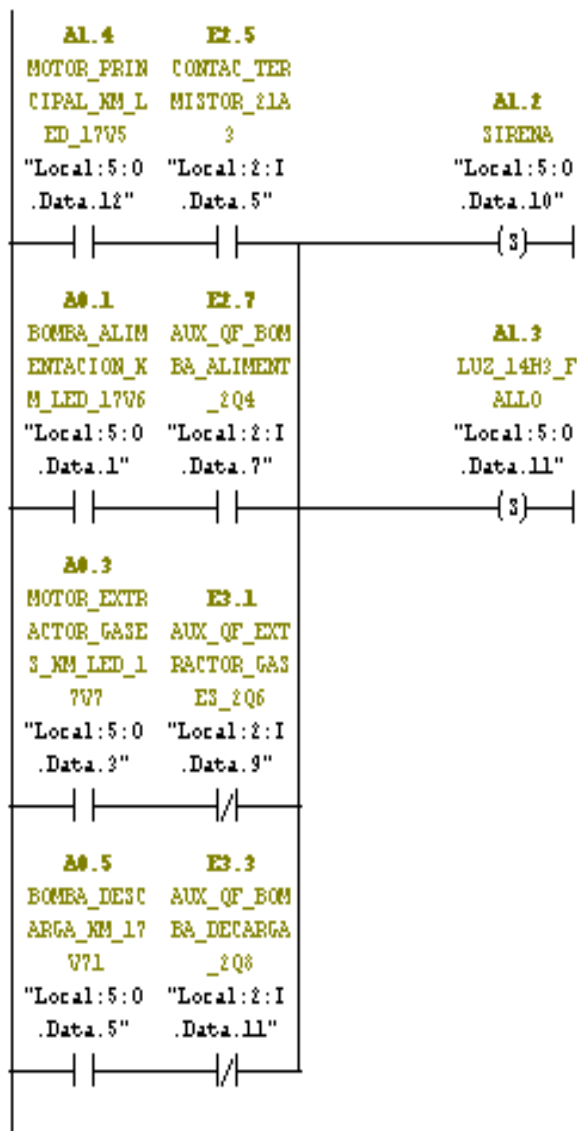
Presión OK -> P > 6 Bar

Piedras arriba juntamente con la activación del molino se encenderá el extractor de gases y el sistema de enfriamiento (Válvula de agua helada/caliente).

Figura 51. Programación de encendido de extractor de gases y sistema de enfriamiento

Segm. 2 : SIRENA

Comentario:



Fuente. Simatic S7-300 profesional

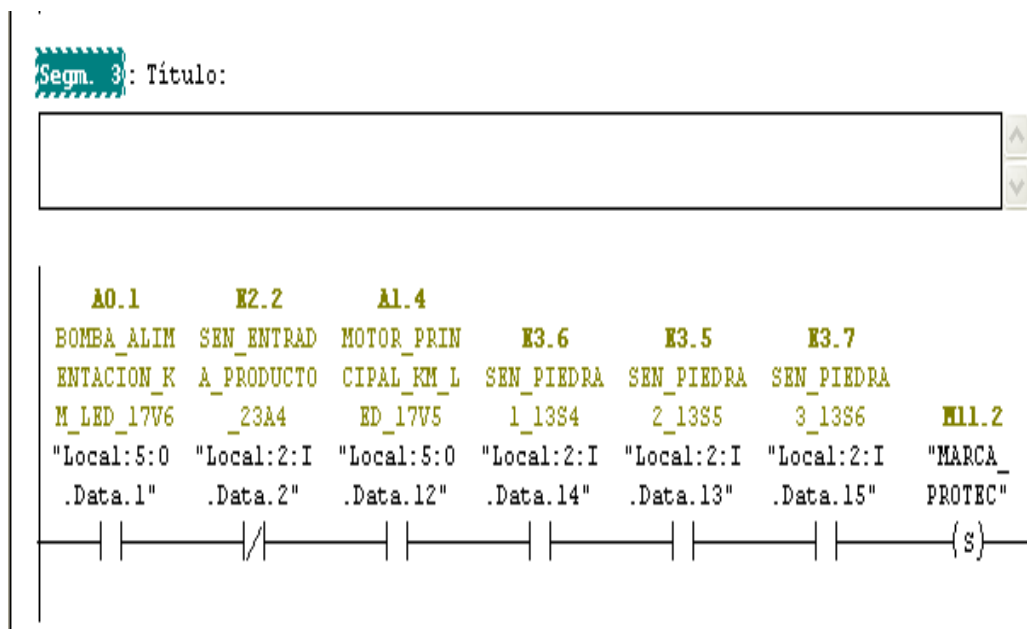
El motor principal del molino se apagará si existe alguna alteración en la presión de aire ($P < \min$) o por el accionamiento del relé térmico.

Al apagar el motor principal del molino también se apagará el extractor de gases y activará la calefacción (Válvula de agua helada/caliente).

El sistema de descarga posee una protección por medio del sensor de válvula manual de descarga abierta, la cual debe permanecer activa para dejar activar la válvula y encender la bomba, caso contrario detiene la descarga en caso de que ésta se haya iniciado.

Cuando el sensor de nivel alto del recipiente de salida detecte producto por más de 10 segundos.

Figura 52. Programación del sensor de nivel



Fuente. Simatic S7-300 profesional

4.10.6 *Marcha en seco (Dry Running)*. La protección contra molienda en seco debe activarse cuando la máquina luego de empezar a moler, esto es, molino encendido y piedras abajo, deja de caer licor, lo cual hace que haya una caída de la corriente del

motor principal y que como consecuencia de la falta de producto puede haber un rozamiento directo entre las muelas ocasionando el deterioro de éstas. La protección permite que cuando la máquina esté moliendo y deje de caer producto automáticamente se suban las piedras al mismo tiempo, encendiendo la luz piloto dry running y mandando falla.

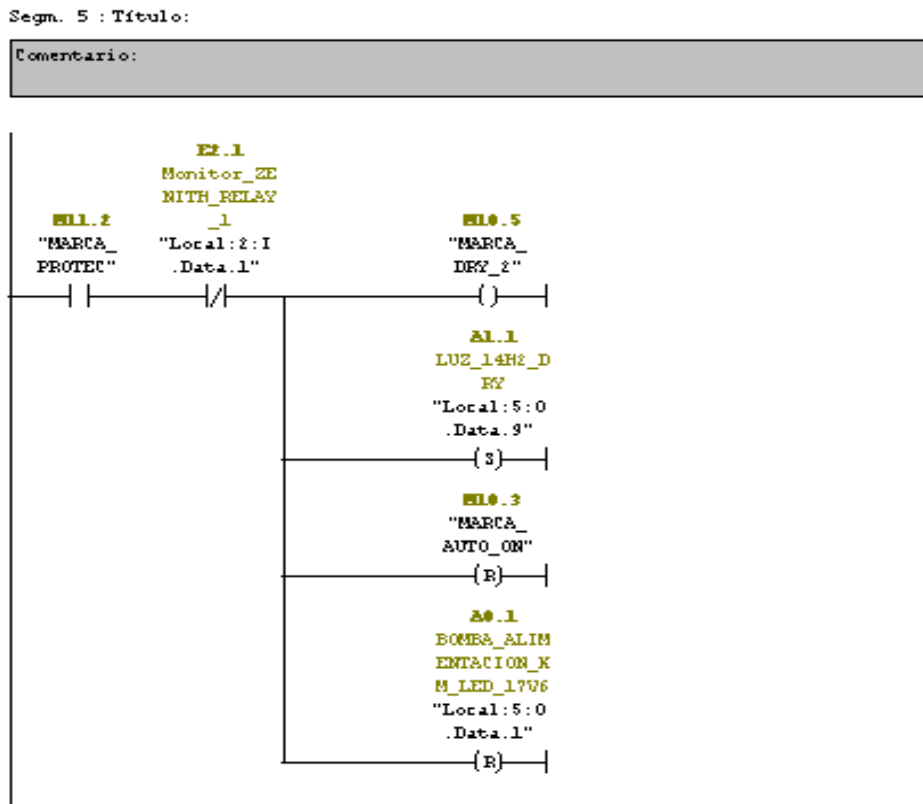
Figura 53. Programación de protección marcha en seco



Fuente. Simatic S7-300 profesional

Protecciones eléctricas: adicionalmente mandará falla por la alteración o salto de las protecciones de los motores:

Figura 54. Programación del auxiliar del guardamotor de la bomba de alimentación.



Fuente. Simatic S7-300 profesional

Auxiliar del guardamotor de la bomba de descarga

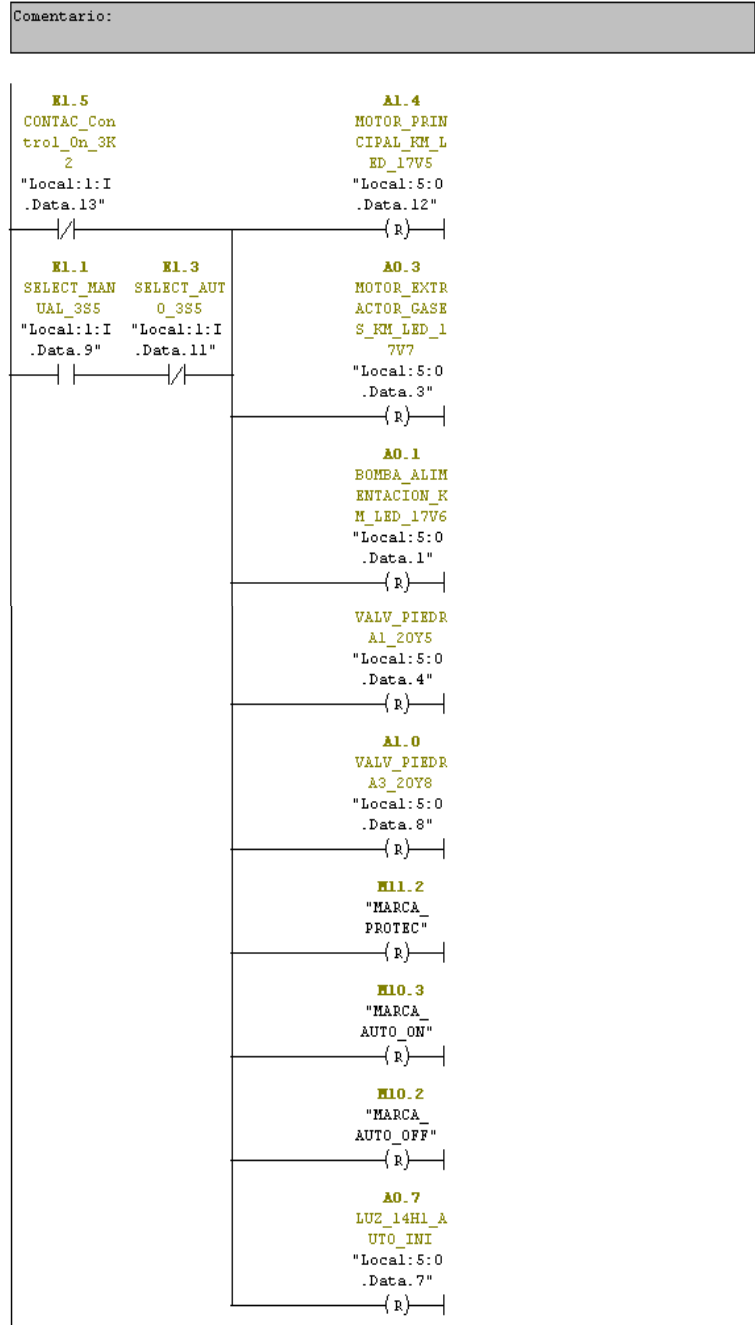
Auxiliar del guardamotor del extractor de gases.

El dispositivo térmico interno provee protección contra las sobrecargas, falta de fase y está compensado contra las variaciones de la temperatura ambiente.

También provee protección contra cortocircuitos, es no regulable y dispara con una corriente igual a aproximadamente 13 veces la intensidad de máxima del guardamotor.

Figura 55. Programación del auxiliar de falla

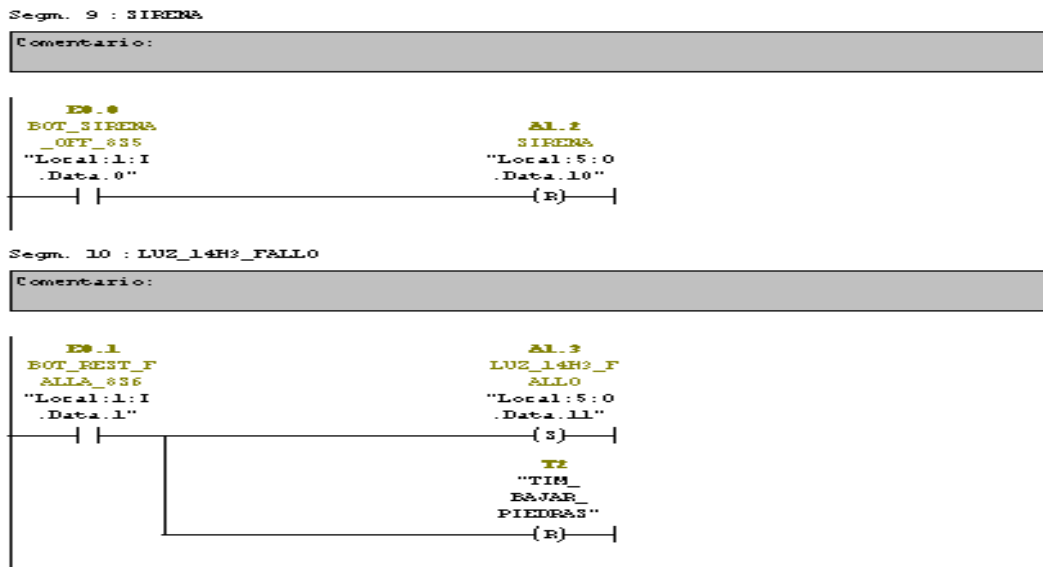
Segm. 7 : MOTOR_PRINCIPAL_KM_LED_17V5



Fuente. Simatic S7-300 profesional

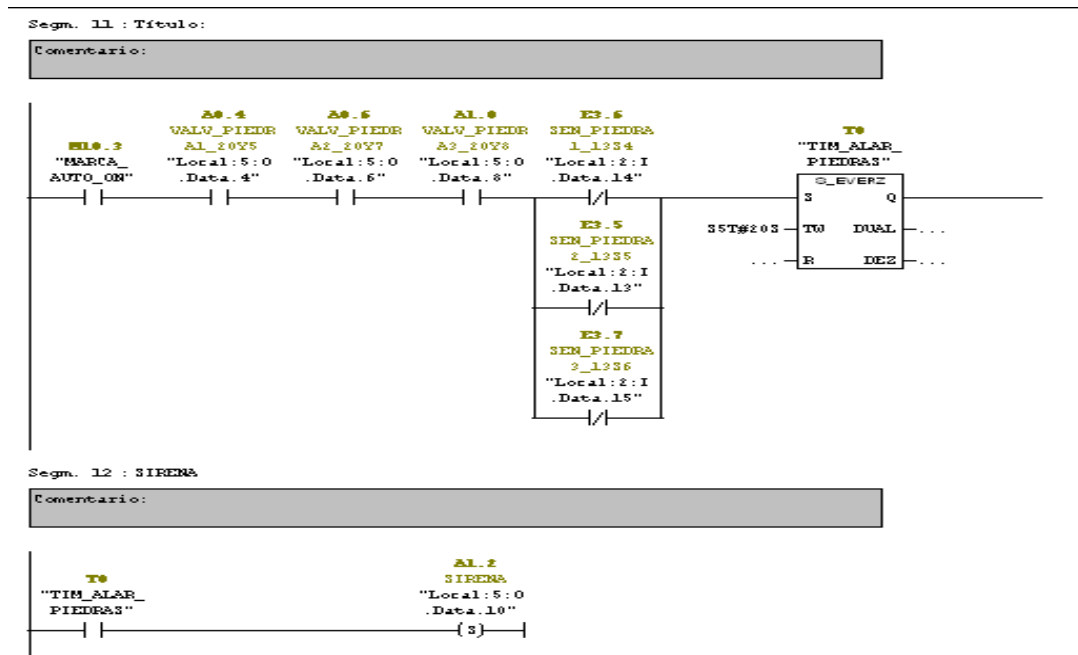
Para poder apagar la sirena y la luz de falla basta con presionar los botones “Sirena Off” y “Reset falla” respectivamente.

Figura 56. Programación de apagar sirena



Fuente. Simatic S7-300 profesional

Figura 57. Programación de sirena off y reset falla



Fuente. Simatic S7-300 profesional

4.11 Descripción del estado de conexión de los sensores

Tabla 4. Conexión estado de sensores

No.	SENSOR	ESTADO	DESCRIPCIÓN
1	Sensor nivel alto en la entrada del producto	NA	1 cuando detecta nivel alto en la tina de entrada del Molino.
2	Sensor nivel alto de recipiente de salida	NC	0 cuando detecta licor en la tina de salida
3	Sensor de nivel bajo de recipiente de salida	NA	1 detecta licor en la tina de salida
4	Sensor reflectivo de entrada de producto	NC	0 cuando detecta licor.
5	Termóstato, temperatura OK	NA	1 cuando la temperatura esta OK (45 ^o - 60C ^o).
6	Presóstato, presión OK (NC)	NC	0 cuando la presión esta OK (P >6 BAR).
7	Micro de seguridad de la piedra 1	NA	1 cuando el seguro esta puesto (piedra 1 arriba).
8	Micro de seguridad de la piedra 2	NA	1 cuando el seguro esta puesto (piedra 2 arriba).
9	Micro de seguridad de la piedra 3	NA	1 cuando el seguro esta puesto (piedra 3 arriba).
10	Micro de posición de piedra 1	NA	1 cuando la piedra 1 está abajo.
11	Micro de posición de piedra 2	NA	1 cuando la piedra 2 está abajo.
12	Micro de posición de piedra 3	NA	1 cuando la piedra 3 está abajo.
13	Microválvula (entrada) de agua caliente abierta	NA	1 cuando la válvula de entrada del agua caliente está abierta.
14	Microválvula (salida) de agua caliente abierta	NA	1 cuando la válvula de salida del agua caliente está abierta.
15	Microválvula (entrada) de agua helada abierta	NA	1 cuando la válvula de entrada del agua helada está abierta.
16	Microválvula (salida) de agua helada abierta	NA	1 cuando la válvula de salida del agua helada está abierta.
17	Microválvula descarga de producto abierta	NA	1 cuando la válvula de descarga del producto está abierta.
18	Microválvula descarga de producto cerrada	NA	1 cuando la válvula de descarga del producto está cerrada.
19	Sensor válvula manual de descarga abierta	NA	1 cuando la válvula manual de descarga del producto está abierta.
20	Sensor válvula manual de descarga cerrada	NA	1 cuando la válvula manual de descarga del producto está cerrada.

Fuente. El autor

4.12 Pruebas de funcionamiento

Tabla 5. Protocolo de pruebas del molino Lehmann

ITEM	ACTIVIDAD		RESPONSABLE
1	Verificar que el personal sin autorización esté fuera del área involucrada.		Operador
2	Colocar carteles de advertencia e indicación de equipo en prueba, si se ha procedido al retiro del cerramiento plástico, colocar barreras para la delimitación del área.		Operador
3	Coordinar con el técnico de turno el disyuntor principal a energizar en el tablero.		Operador
4	Los involucrados retirarán sus candados personales cumpliendo con el procedimiento de aislamiento y bloqueo.		Operador
5	Realización de pruebas de corto circuito (continuidad entre fases) en el seccionador 1Q0, breaker 2F1, guardamotor 1Q6 “aguas abajo”. En caso de alguna anomalía se procederá a realizar la debida corrección.		Mantenimiento
6	El técnico de turno de NESTLÉ retira el loto y energiza el breaker del tablero principal; verificación de voltaje con multímetro.		Mantenimiento
7	El técnico accionará los breakers del tablero de control: 1F2, 1F2.1, 1F6, 1F7, 1F8, breakers de fuentes y transformador, guardamotors: 2Q4, 2Q6 y 2Q8.		Mantenimiento
8	Conexión del cable de comunicación entre el ordenador y el controlador lógico programable.		Técnico
9	Carga del programa en manual al PLC.		Técnico
10	Se dispondrá de personal autorizado en el área para verificación del sentido de giro de cada motor y funcionamiento de sensores y electroválvulas.		
11	El técnico procederá a activar y desactivar los motores y electroválvulas de forma manual en el siguiente orden simulando el proceso Esta acción será ejecutada a través del tablero principal y lateral **		Técnico
VÁLVULAS MANUALES			
11.1	MANUAL	Abrir las válvulas manuales de entrada y retorno: agua helada, agua caliente que se encuentran dentro del molino para cada piedra.	Operador
11.2	MANUAL	Abrir válvulas de entrada y salida de producto.	Operador
11.3	MANUAL	Abrir válvulas de presión de aire.	Operador
<i>Encender Tablero por medio del botón Control ON</i>			
MOTORES			
11.4	2M1	Motor principal de molino: ON; conmutación estrella-delta. motor principal de molino: OFF	Mantenimiento
11.5	2M4	Bomba de alimentación: ON; comprobación del sentido de giro Bomba de alimentación: OFF	Mantenimiento
11.6	2M6	Extractor de gases: ON; comprobación del sentido de giro extractor de gases: OFF	Mantenimiento
11.7	2M8	Bomba de descarga: ON; comprobación del sentido de giro bomba de descarga: OFF	Mantenimiento

Tabla 5. (Continuación)

EN CASO DE PRESENTAR ALGUNA ANOMALÍA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES SE PROCEDERÁ DE LA SIGUIENTE MANERA:				
a	Desenergización del tablero de control desactivando los guardamotors y breakers.** <i>Se mantendrá el letrero de EQUIPO EN PRUEBA</i> **			Técnico
b	Desactivar el seccionador del tablero de control 1Q0.			Técnico
c	Desenergización del breaker del tablero principal, aplicación de loto Eléctrico y etiquetado al breaker principal por			Técnico
d	Revisar las correcciones registradas y proceder a corregir errores presentados en las pruebas.			Técnico
*	Inversión de giro (cambio de 2 de las 3 fases) de los motores que lo requieran			Técnico
ELECTROVÁLVULAS				
11.8	20Y5	Piedra 1: ON Piedra 2: OFF	; verificar accionamiento	Operador
11.9	20Y7	Piedra 1: ON Piedra 2: OFF	; verificar accionamiento	Operador
11.10	20Y8	Piedra 1: ON Piedra 2: OFF	; verificar accionamiento	Operador
EN CASO DE PRESENTAR ALGUNA ANOMALÍA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LAS ELECTROVÁLVULAS SE PROCEDERÁ DE LA SIGUIENTE MANERA:				
a	Desenergización del tablero del tablero de control desactivando los guardamotors y breakers. **se mantendrá el letrero de EQUIPO EN PRUEBA**			Técnico
b	Desactivar el seccionador del tablero de control.			Técnico
c	Desenergización del breaker del tablero principal, aplicación de loto Eléctrico y etiquetado breaker principal por			Técnico
d	Revisar las correcciones registradas y proceder a corregir errores presentados en las pruebas.			Técnico
*	En caso de no accionar las electroválvulas se procederá a desacoplarlas para realizar las correcciones necesarias			Técnico
12	Verificar el estado y funcionamiento de los sensores. ** Esta acción será visualizada a través del PLC y el diagrama.**			
12.1	23 ^a 4	Sensor reflectivo de entrada de producto		Mantenimiento
12.2	11S5	Termóstato, temperatura OK		Mantenimiento
12.3	21 ^a 3	Termistor		Mantenimiento
12.4	11S6	Presóstato, presión OK (NC)		Mantenimiento
12.5	13S1	Micro de seguridad de la Piedra 1		Mantenimiento
12.6	13S2	Micro de seguridad de la Piedra 2		Mantenimiento
12.7	13S3	Micro de seguridad de la Piedra 3		Mantenimiento
12.8	13S5	Micro de posición de Piedra 2		Mantenimiento
12.9	13S4	Micro de posición de Piedra 1		Mantenimiento
12.10	13S6	Micro de posición de Piedra 3		Mantenimiento

Tabla 5. (Continuación)

12.11	22K2	Relé Sensor Nivel alto en la entrada de producto	Mantenimiento
12.12	22K4	Relé Sensor Nivel Alto de recipiente de salida	Mantenimiento
12.13	22K7	Relé Sensor Nivel Bajo de recipiente de salida	Mantenimiento
12.14	19S1	Micro Válvula 1 (descarga) de agua helada abierta	Mantenimiento
12.15	19S2	Micro Válvula 1 (descarga) de agua caliente abierta	Mantenimiento
12.16	19S3	Micro Válvula 2 (alimentación) de agua helada abierta	Mantenimiento
12.17	19S4	Micro Válvula 2 (alimentación) de agua caliente abierta	Mantenimiento
12.18	19S5	Micro Válvula Descarga de Producto ABIERTA	Mantenimiento
12.19	19S6	Micro Válvula Descarga de Producto CERRADA	Mantenimiento
EN CASO DE PRESENTAR ALGUNA ANOMALÍA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES SE PROCEDERÁ DE LA SIGUIENTE MANERA:			
a	Desenergización del tablero de control desactivando los guardamotors y breakers. ** Se mantendrá el letrero de EQUIPO EN PRUEBA **		Técnico
b	Desactivar el seccionador del tablero de control IQ0		Técnico
c	Desenergización del breaker del tablero principal, aplicación de LOTO Eléctrico y etiquetado al breaker principal por parte técnico de turno de NESTLÉ y comprobación de energía CERO.		Técnico
d	Revisar las correcciones registradas y proceder a corregir errores presentados en las pruebas		Técnico
*	En caso de no detectar los sensores se procederá a desacoplarlos para realizar las correcciones necesarias		Técnico
13	Una vez realizadas las correcciones y pruebas, se volverá a montar todos los equipos que fueron corregidos en el Departamento de Instrumentación.		Técnico
14	Se repite el proceso de pruebas (ítems 6, 7, 11 y 12)		Técnico
EMERGENCIAS DEL PROCESO			
	En caso de presentarse algún inconveniente en la realización de las pruebas, se procederá al realizar los siguientes pasos en base a los siguientes posibles fallos:		Técnico
*	PLC en modo de fallo: Verificar los cables de comunicación y conexiones eléctricas.		Técnico
*	Trabado del disyuntor: Verificar mediante el uso del multímetro las conexiones eléctricas.		Técnico
*	Explosión de breaker: Desactivar disyuntor principal y seccionar el paso de energía al breaker dañado.		Técnico

Fuente. El autor

CAPÍTULO V

5 ELABORACIÓN DE MANUALES

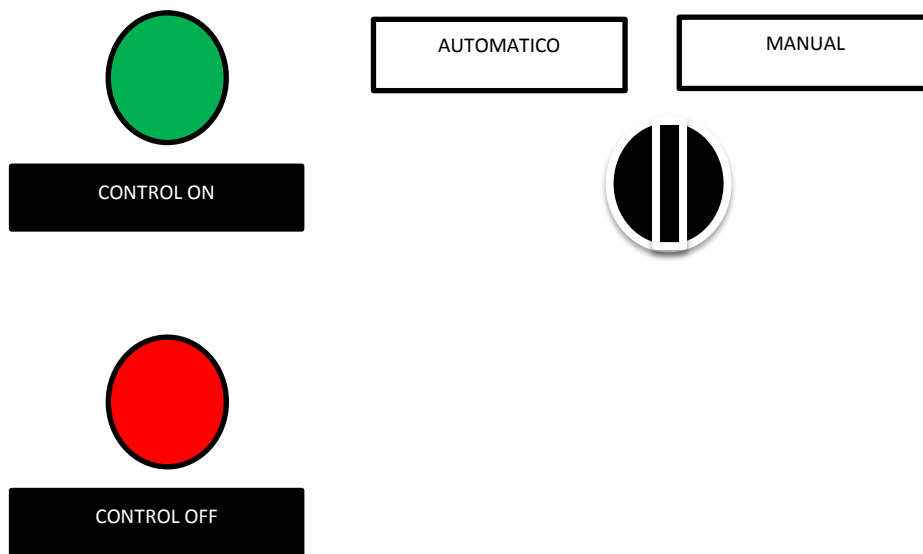
5.1 manual de operación

Por medio de este manual el operador será capaz de manipular correctamente el molino a través del tablero de control, garantizando su debido funcionamiento.

Como primer punto para operar el molino es necesario presionar el botón “Control On”; éste habilita todos los botones del tablero frontal y lateral. Al presionar este botón, se activará la válvula principal de aire necesaria para el funcionamiento del sistema.

Así mismo podremos desactivar el tablero a través del botón “control OFF” o los botones de paro de emergencia del tablero frontal y lateral. Al usar estas opciones, se dejará sin energía al tablero principal (incluyendo la válvula principal de aire) por lo cual será necesario volver a encender (control On) para que restablezca el sistema quedando en su estado inicial.

Figura 58. Pulsadores panel de control



Fuente. El autor

El molino Lehmann podrá ser manejado en dos modos de trabajo: manual y automático, a través de un selector. Si el selector está en su posición central todos los actuadores del

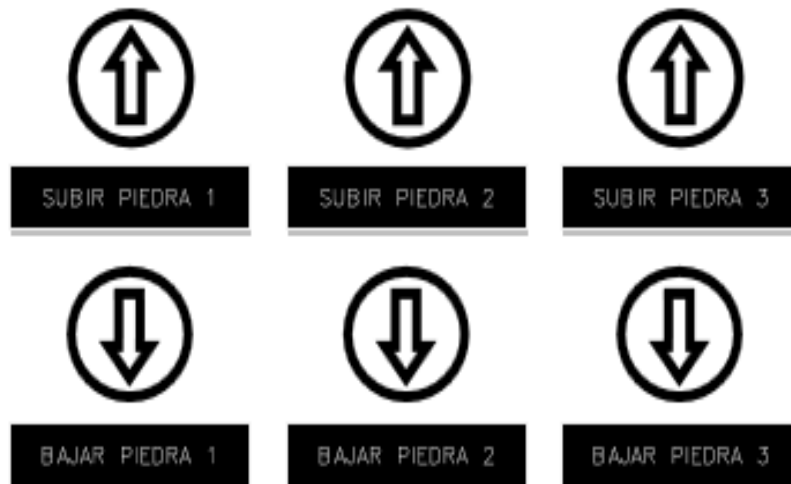
sistema se colocarán en su estado inicial. Esta opción es muy útil para restablecer el sistema al punto de inicio sin quitar la energía del tablero.

5.1.1 Operación del molino refinador de licor de cacao. Después de la conexión de la máquina a la corriente, agua y aire comprimido, debe efectuarse, antes de la puesta en servicio de la máquina, los siguientes trabajos en el orden de sucesión indicado

5.1.2 Modo manual o de prueba. Si el selector está en manual, el molino podrá ser manipulado por el operador de turno. Se dispondrá de una luz piloto para indicar el modo actual del molino.

Este modo sirve para realizar las pruebas respectivas de cada una de las partes del sistema.

Figura 59. Botones para mantenimiento

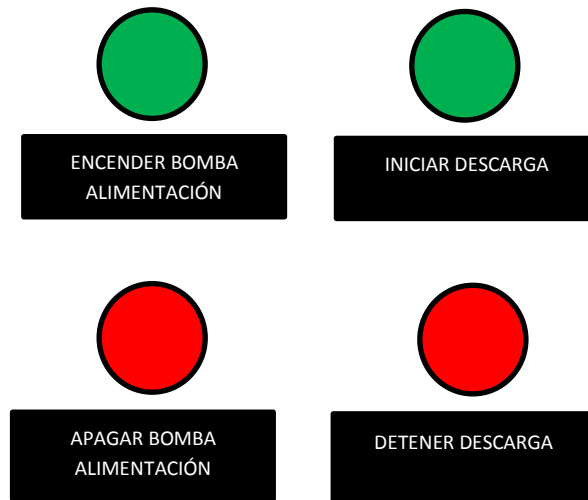


Fuente. El autor

Encender y apagar la bomba de alimentación por medio de los botones “encender bomba alimentación” y “apagar bomba alimentación”.

Encender la bomba de descarga presionando el botón “iniciar descarga” siempre y cuando el sensor de nivel bajo detecte que hay producto, apagar la bomba de descarga presionando el botón “detener descarga” a menos que el sensor de nivel alto continúe detectando licor.

Figura 60. Botones panel de control



Fuente. El autor

5.1.3 Tareas en Manual. Permite accionar (bajar, subir) cada una de las piedras por medio de los botones correspondientes cuando el motor principal del molino se encuentre apagado.

Enciende bomba de alimentación por medio del botón “encender alimentación”.

Apaga la bomba de alimentación por medio del botón “apagar alimentación”.

Enciende el motor principal del molino por medio del botón “encender molino” siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones:

Temperatura OK -> (45 – 60) ° C

Presión OK -> $P > 6$ Bar.

Piedras arriba

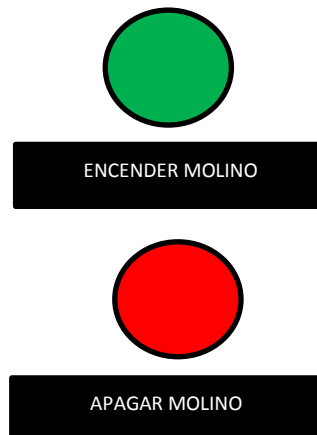
Conjunto a la activación del molino se encenderá el extractor de gases y el sistema de enfriamiento (válvula de agua helada/caliente).

Apaga el motor principal del molino por medio del botón “apagar molino”. al apagar el motor principal del molino también se apagará el extractor de gases y activará la calefacción (válvula de agua helada/caliente).

Encender la bomba de descarga presionando el botón “iniciar de descarga” siempre y cuando el sensor de nivel bajo detecte que hay producto.

Apagar la bomba de descarga presionando el botón “detener de descarga” a menos que el sensor de nivel alto continúe detectando licor.

Figura 61. Botones encendido y apagado



Fuente. El autor

5.1.4 *Modo automático u operativo.* Si el selector está en automático, el encendido y apagado de las bombas, motores y las respectivas válvulas será comandado por el PLC S7-300. Se dispondrá de una luz piloto para indicar el modo actual del molino. Tareas en automático:

5.1.5 *Etapa 1.* Comienzo de la producción. Debe cumplir estrictamente con los siguientes puntos: o Temperatura OK -> (45- 60)°C (Temperatura de Servicio) señalada por la luz [T>min]. o presión OK -> P>6 Bar. o piedras arriba. Se encienden los indicadores de los sensores de seguridad. Solamente podrá operar en Automático si los puntos anteriores se cumplen.

- a) Se presiona el botón inicio automático
- b) Se activará la Bomba de Alimentación para traer producto desde el tanque hasta el molino. La frecuencia de la bomba de alimentación puede ser manipulada por medio de la perilla ubicada en el tablero frontal.

- c) El sensor a la entrada del molino detectará el licor. Se encenderá la luz piloto entrada de producto del tablero lateral.
- d) Luego de 8 segundos de haber detectado licor se encenderá el motor principal del molino, extractor de gases y se activa el sistema de enfriamiento (accionamiento de la válvula de agua helada/caliente) simultáneamente.
- e) Luego de 10 segundos (tiempo para que el licor recorra el molino) inicia el descenso de las piedras en el siguiente orden: a. Superior (Piedra 1). Espera 10 segundos. b. Medio (Piedra 2). Espera 10 segundos. c. Inferior (Piedra 3).
- f) Se activa la protección de marcha en seco

5.1.6 *Etapa 2:* Fin de la producción. El apagado en Modo Automático sigue el siguiente orden:

- a) Presionar el botón auto stop. Esto da inicio al apagado automático.
- b) Se apaga la bomba de alimentación.
- c) Desactiva la protección de marcha en seco.
- d) El sensor óptico deja de detectar producto.
- e) Inicia el ascenso de las piedras en el siguiente orden:

Superior (Piedra 1). Espera 10 segundos.

Medio (Piedra 2). Espera 10 segundos.

Inferior (Piedra 3).

- f) Apaga el motor principal del molino, extractor de gases y se activa el sistema de calefacción (accionamiento de la válvula de agua helada/caliente) simultáneamente.

5.2 Manual de mantenimiento

Con el propósito de alcanzar un sistema de mejoramiento continuo en lo que respecta a tareas de mantenimiento se, ha diseñado un programa basado en un plan integral de mantenimiento que se ajusta a las necesidades particulares del equipo, cuyo objetivo es preservar y asegurar la máxima disponibilidad del mismo.

Este manual consta con los elementos necesarios para que las condiciones de funcionamiento recientemente remodeladas se conserven con la misma eficiencia y estética con que cuentan actualmente, aunque lo más importante es que el equipo no se deteriore o se sufran daños inesperados, se conserven y se mantengan en excelentes condiciones de operación y funcionamiento, con lo cual se garantiza un ambiente de seguridad y confort adecuado para el óptimo desempeño de los labores de operación dentro de los parámetros y normas vigentes.

5.2.1 *Inspección periódica.* Una inspección programada obligatoria determina si el uso aborda en particular la fatiga, el desgaste, la corrosión y otros daños en los materiales.

La inspección de fiabilidad operativa engloba la seguridad del usuario, de las personas que trabajan en la zona de influencia del equipo y del personal de mantenimiento.

La inspección también garantiza la fiabilidad operativa definiendo el estado de mantenimiento del equipo y comprobando la adecuación del mantenimiento preventivo.


5.2.2 *Monitorización del estado.* El objetivo de la inspección de monitorización del estado es garantizar el funcionamiento del equipo gracias a una frecuencia mayor de las inspecciones. Si es necesario, la inspección de monitorización del estado puede vincularse a la revisión programada como medida preventiva.

Los procedimientos se centran en los componentes y en las piezas clave del equipo.

5.2.3 *Componentes del molino refinador de cacao.* Los componentes se encuentran representados en la figura 17 y su detalle se indica en la página 21.

5.2.4 *Ficha de datos y características.*

Tabla 6. Ficha de datos y características del molino refinador de cacao

FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS MOLINO REFINADOR DE CACAO				
Detalles adicionales molino de piedras marca Lehmann				
Molino refinador de cacao				
Marca :Lehmann				
Modelo: 912 SA			# de serie: 3519	
Características eléctricas	105 HP	440V	3 PH	60Hz
País de origen: Alemania			Año de fabricación: 1988	
Capacidad: 740Kg/h			Peso Estimado 7000 Lbs	
Costo de adquisición: \$ 80.625,18			Fecha de adquisición:	
Características generales Longitud 2000 mm Ancho 2000 mm Altura 4000mm			Distancia de la máquina con respecto a los muros: Lateral izq.: 500 mm (min.) Lateral derecha: 700 mm (min.) Parte trasera: 800 mm (min.)	

Fuente. El autor

5.2.5 Características generales el molino refinador de cacao

Tabla 7. Características generales

MOLINO REFINADOR DE CACAO			
Código técnico: 3519	Significado:		
Código de activo fijo:	Significado:		
Manuales: SÍ <input checked="" type="checkbox"/> _____ No _____ Código: Significado:	Planos: SÍ <input checked="" type="checkbox"/> _____ No _____ Código: Significado:	Repuestos: SÍ <input checked="" type="checkbox"/> _____ No _____ Código: Significado:	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Longitud 2000 mm	Ancho 2000 mm	Altura 4000mm	
ESTADO TÉCNICO:	Malo	Regular	Bueno
Consumo de energía.	.....	.....	...X.....
Funcionamiento del mecanismo motriz.	.....	.....	...X.....
Estado de la carcasa	.....	.....	...X.....
Funcionamiento de los mecanismos de regulación y mando.	.....	.....	...X.....
Estado de la conservación de los instrumentos que indican los parámetros de funcionamiento del equipo.	.....	.....	...X.....
Nivel de ruido y vibraciones.	.....	.....	...X.....
TOTAL	0	0	6

Fuente. El autor

5.2.6 Categorización del molino refinador de cacao

Tabla 8. Categorización del molino refinador de cacao

MOLINO REFINADOR DE CACAO MARCA LEHMANN		CATEGORÍA		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable		X	
	Reemplazable			
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible; para = mas 50% prod.	X		
	Limitante; para = 10%-50% prod.			
	Convencional; para = menos 10% prod.			
Régimen de operación	Trabaja en un proceso continuo		X	
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			
Nivel de utilización	Muy utilizada	X		
	Media utilizada			
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina	Alta			
	Media		X	
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina alta complejidad		X	
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			
Conservabilidad	Máquina condiciones especiales			
	Máquina protegida		X	
	Máquina normal en condiciones severas			
Automatización	Automática		X	
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			

Tabla 8. (Continuación)

Valor de la máquina	Alto valor	X		
	Medio valor			
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular			
	Buena			X
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina con peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa		X	
TOTAL		3	7	1

Fuente. El autor

5.2.7 *Política de mantenimiento acorde a la categorización del sistema.* La política de mantenimiento se establece de acuerdo a la categorización de los equipos y sistemas determinados por los aspectos selectivos y parámetros directivos.

La política de mantenimiento más adecuada para un equipo de categoría B está basada en la disminución de costos de mantenimiento a lo menos posible, de tal manera que la recomendación más adecuada será la siguiente:

Mantenimiento predictivo: para los sistemas que tienen categoría tipo A en particular los críticos

Mantenimiento preventivo: Emplear (realizar) un mantenimiento preventivo planificado.

Mantenimiento correctivo: Principalmente en el caso reparaciones imprevistas.

(Todo sistema por más complejo o simple que parezca debe estar inmerso en sistema de mantenimiento planificado, de ahí según su categoría se la realizará un tipo de mantenimiento específico.)

5.2.8 *Elaboración del banco de tareas para el molino refinador de cacao*

Tabla 9. Banco de tareas del molino refinador de cacao

Banco de tareas del molino refinador de cacao	Frecuencia
Inspección del molino refinador de cacao	360 horas
Inspección de filtros de entrada	720 horas
Cambio kit filtros de entrada	4320 horas
Inspección sistema neumático	720 horas
Cambio de filtro neumático	4320 horas
Inspección del motor de principal	720 horas
Revisión del motor y su sistema eléctrico	2160 horas
Revisión de sensores de flujo	2160 horas
Revisión sensores de nivel	2160 horas
Revisión sistema de transmisión	8640 horas
Inspección de piedras de molienda	4320 horas
Revisión de bomba de alimentación	2160horas
Revisión de bomba de descarga	2160horas
Inspección del circuito eléctrico	720horas
Análisis termográfico a circuito eléctrico y motores	4320horas
Análisis vibracional a motores	4320horas
Revisión de extractor	2160horas
Limpieza del equipo.	Diaria

Fuente. El autor


Tabla 10. Inspección del molino refinador de cacao

BANCO DE TAREAS		
INSPECCIÓN DEL MOLINO REFINADOR DE CACAO		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino encendido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar si no existen ruidos extraños • Verificar si no existe excesiva vibración • Chequear la sujeción de mecanismos • Inspeccionar acoples de entrada y salida. • Fugas de aceite • Verificar el cumplimiento de la tarea 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>360 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza exterior</p> <p>REPUESTOS:</p>	<p>Partes molino refinador de cacao Lehmann</p> 

Fuente. El autor

Para fijar la frecuencia de esta tarea se ha revisado previamente un historial donde nos permite tener una mayor exactitud en cuanto a inspección de la maquinaria

Tabla 11. Inspección de filtros de entrada

BANCO DE TAREAS		
INSPECCIÓN DE FILTROS DE ENTRADA		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino encendido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad. • Cerrar válvulas de paso. • Retirar las tapas de protección. • Limpieza de Filtros de aire • Verificar la tarea. 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>720 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza exterior</p> <p>REPUESTOS:</p>	<p>Filtro Festo</p> 

Fuente. El autor

La frecuencia de revisión de esta tarea se ha fijado de acuerdo a las especificaciones técnicas del proveedor de este dispositivo tomando en cuenta las características y temperatura de funcionamiento.


Tabla 12. Cambio de kit de filtros de entrada

BANCO DE TAREAS		
CAMBIO DE KIT DE FILTROS DE ENTRADA		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino apagado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad • Cerrar válvulas de paso • Retirar las tapas de protección • Cambio de Kit de filtros de aire • Verificar la tarea 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>4320 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza exterior</p> <p>REPUESTOS:</p> <p>Kit de filtros Festo</p>	<p>filtro Festo</p> 

Fuente. El autor

La frecuencia de revisión de esta tarea se ha fijado de acuerdo a las especificaciones técnicas del proveedor su manual de mantenimiento, tomando en cuenta las características y temperatura de funcionamiento.


Tabla 13. Inspección del motor y sistema eléctrico

BANCO DE TAREAS		
INSPECCIÓN DEL MOTOR Y SISTEMA ELÉCTRICO		
PROCEDIMIENTO	FRECUENCIA:	Motor principal
<p>Molino encendido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad • Verificar su Funcionamiento • Revisión pernos de anclaje • Limpieza del Exterior del motor • Verificar la tarea 	<p>720 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>Multímetro</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza exterior</p> <p>REPUESTOS:</p>	

Fuente. El autor

La frecuencia de inspección del motor y su sistema eléctrico se hace en referencia al historial de averías teniendo en cuenta que se ha manejado anteriormente.

Tabla.14 Revisión del motor y su sistema eléctrico

BANCO DE TAREAS		
REVISIÓN DEL MOTOR Y SU SISTEMA ELÉCTRICO		
PROCEDIMIENTO	FRECUENCIA:	Motor principal
<p>Molino apagado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad • Revisión pernos de anclaje • Cambio de sello • Cambio de rodamientos • Comprobar la parte eléctrica del motor • Aislamiento de bobina • Limpieza del Exterior del motor • Verificar la tarea 	<p>2160 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>Multímetro</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza exterior</p> <p>REPUESTOS:</p>	

Fuente. El autor

La frecuencia de esta tarea de motor y su sistema eléctrico se hace en referencia al historial de averías teniendo en cuenta que se ha manejado anteriormente y esto ha hecho que tengamos mayor exactitud en el tiempo de ejecución.


Tabla 15. Revisión de sensores de flujo

BANCO DE TAREAS		
REVISIÓN DE SENSORES DE FLUJO		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino apagado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad • Revisión de sensores de flujo • Comprobar señal de entrada • Comprobar señal de salida • Verificar el correcto funcionamiento • Comprobar la tarea 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>2160 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>Multímetro</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza exterior</p> <p>REPUESTOS:</p>	<p>Sensor capacitivo</p> 

Fuente. El autor

La frecuencia de revisión de esta tarea se ha fijado de acuerdo a las especificaciones técnicas del proveedor de este dispositivo tomando en cuenta las características y temperatura de funcionamiento a cual está sometido.


Tabla 16. Revisión de sensores de nivel

BANCO DE TAREAS		
REVISIÓN DE SENSORES DE NIVEL		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino apagado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad • Verificación de sensores de flujo • Revisión de señal de entrada • Revisión d señal de salida • Verificar el correcto funcionamiento • Comprobar la tarea 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>2160 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>Multímetro</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza exterior</p> <p>REPUESTOS:</p>	<p>Sensor de nivel bajo y alto</p> 

Fuente. El autor

La frecuencia de revisión de esta tarea se ha fijado de acuerdo a las especificaciones técnicas del proveedor de este dispositivo tomando en cuenta las características y temperatura de funcionamiento a cual está sometido.

Tabla 17. Inspección de piedras de molienda

BANCO DE TAREAS		
INSPECCIÓN DE PIEDRAS DE MOLIENDA		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino apagado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad • Cerrar paso de fluido • Verificar que no existan fisuras • Verificar que no exista fluido acumulado • Verificar la tarea 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>2160 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>Galgas de espesor</p> <p>Calibrador</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza</p> <p>REPUESTOS:</p>	<p>Piedras de molienda</p> 

Fuente. El autor

Para fijar la frecuencia de esta tarea se ha revisado previamente un historial donde nos permite tener una mayor exactitud en cuanto a inspección de la maquinaria

Tabla 18. Revisión de bomba de alimentación

BANCO DE TAREAS		
REVISIÓN DE BOMBA DE ALIMENTACIÓN		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino apagado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad • Revisión pernos de anclaje • Cambio de sello • Cambio de rodamientos • Comprobar la parte eléctrica del motor • Aislamiento de bobina • Revisión de engranajes • Limpieza del Exterior de la bomba • Verificar la tarea 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>2160 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>Galgas de espesor</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza</p> <p>REPUESTOS:</p> <p>Pernos de anclaje</p> <p>Rodamientos</p>	<p>Bomba de alimentación</p> 

Fuente. El autor

La frecuencia de esta tarea de revisión se hace en referencia al manual de mantenimiento de este tipo de motor y al historial de averías teniendo en cuenta que se ha manejado anteriormente y esto ha hecho que tengamos mayor exactitud en el tiempo de ejecución.

Tabla 19. Revisión de bomba de descarga

BANCO DE TAREAS		
REVISIÓN DE BOMBA DE DESCARGA		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino apagado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad • Revisión pernos de anclaje • Cambio de sello • Cambio de rodamientos • Comprobar la parte eléctrica del motor • Aislamiento de bobina • Revisión de engranajes • Limpieza del Exterior de la bomba • Verificar la tarea 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>2160 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>Galgas de espesor</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza</p> <p>REPUESTOS:</p> <p>Pernos de anclaje</p> <p>Rodamientos</p>	<p>Bomba de descarga</p> 

Fuente. El autor

La frecuencia de esta tarea de revisión se hace en referencia al manual de mantenimiento de este tipo de motor y al historial de averías teniendo en cuenta que se ha manejado anteriormente y esto ha hecho que tengamos mayor exactitud en el tiempo de ejecución.


Tabla 20. Revisión del sistema de transmisión

BANCO DE TAREAS		
REVISIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino apagado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad • Verificar su Funcionamiento • Verificar el estado de engranajes • Cambio de sellos • Cambio empaques • Cambio de rodamientos • Cambio de aceite • Verificar la tarea 	<p>FRECUENCIA: 8640 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>Galgas de espesor</p> <p>Calibrador</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza exterior</p> <p>REPUESTOS:</p>	<p>Sistema de transmisión</p> 

Fuente. El autor

La frecuencia del sistema de transmisión se hace después de un determinado tiempo que existe una parada mayor en toda la planta haciendo que la parada de esta maquinaria no perjudique a la producción


Tabla 21. Revisión de extractor

BANCO DE TAREAS		
REVISIÓN DE EXTRACTOR		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino apagado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad • Verificar su Funcionamiento • Revisión pernos de anclaje • Limpieza exterior del extractor • Verificar la tarea 	<p>FRECUENCIA: 2160 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>Galgas de espesor</p> <p>Calibrador</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza exterior</p> <p>REPUESTOS:</p>	<p style="text-align: center;">Extractor de gases</p> 

Fuente. El autor

La frecuencia se ha calculado de acuerdo al historial de averías e inspecciones visuales. Esta tarea es indispensable ya que esto nos sirve para extraer los gases y evitar contaminación en el producto


Tabla 22. Inspección del sistema eléctrico

BANCO DE TAREAS		
INSPECCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino encendido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar su Funcionamiento • Comprobar la parte eléctrica del tablero • Verificar el estado de cada dispositivo eléctrico • Limpieza del Exterior del tablero • Verificar la tarea 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>720 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>Instrumentos Eléctricos</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza exterior</p> <p>REPUESTOS:</p>	<p>Panel de control molino Lehmann</p> 

Fuente. El autor

La frecuencia se ha podido realizar en forma periódica de acuerdo a los parámetros de seguridad de la máquina esta se realiza periódicamente para evitar cualquier anomalía e instancia de peligro

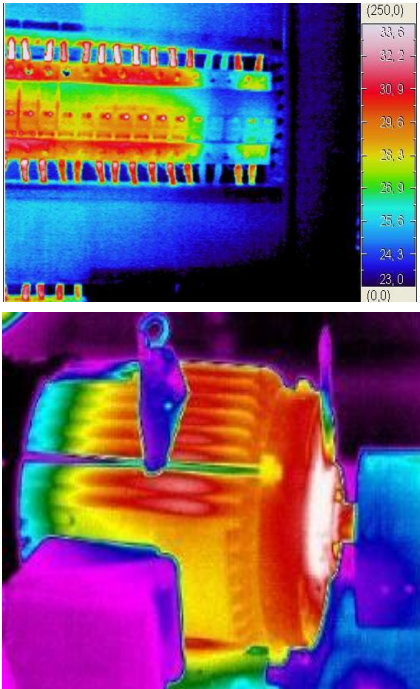
Tabla 23. Limpieza del equipo

BANCO DE TAREAS		
LIMPIEZA DEL EQUIPO		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino encendido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina • Retirar residuos de material incrustado • Remover impurezas que causan contaminación • Verificar la tarea 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>Diaria</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <p>Maleta de herramientas</p> <p>MATERIALES</p> <p>Kit de limpieza</p> <p>REPUESTOS:</p>	<p style="text-align: center;">Molino refinador de cacao Lehmann</p> 

Fuente. El autor

La frecuencia de esta tarea se hace en relación a que es un área de producción de alimentos y no debe estar acumulado ningún tipo de impurezas por la norma de control de calidad


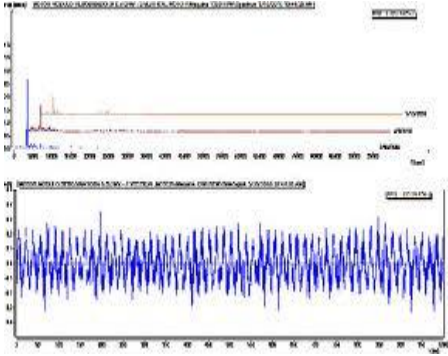
Tabla 24. Análisis termográfico a tablero de control y motores

BANCO DE TAREAS		
ANÁLISIS TERMOGRÁFICO A TABLERO DE CONTROL Y MOTORES		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino encendido</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Encender cámara termográfica ○ Verificar si existen anomalías ○ Verificar si la temperatura no Sobrepasa el límite normal de funcionamiento ○ Verificar si existen anomalías ○ analizar ○ Corrección del problema ○ Verificar cumplimiento de la tarea ○ Verificar su funcionamiento 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>4320 horas</p> <p>EQUIPOS:</p> <p>Cámara termográfica Ti25</p> <p>Computador</p> <p>Software</p> <p>REPUESTOS:</p>	<p style="text-align: center;">Cámara termográfica Ti25</p> 

Fuente. El autor

La frecuencia sea establecido de acuerdo a que este tipo de maquina es crítica y se debe realizar un mantenimiento predictivo y poder eliminar cualquier tipo de parada inesperada que afecte a la producción

Tabla 25. Análisis vibracional a motor principal y bombas de alimentación y descarga

BANCO DE TAREAS		
ANÁLISIS VIBRACIONAL A MOTOR PRINCIPAL Y BOMAS DE ALIMENTACION Y DESCARGA		
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Molino encendido</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Encender equipo de vibraciones ○ Colocar los puntos a medir ○ Revisar si los espectros están en medida Normal ○ Analizar resultados ○ Verificar si existen anomalías ○ Corrección del problema ○ Verificar cumplimiento de la tarea 	<p>FRECUENCIA:</p> <p>4320 horas</p> <p>HERRAMIENTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Equipo de vibraciones MA-2070-C ○ Computador ○ Software <p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Guaípe / Franela <p>REPUESTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Dispositivos Eléctricos 	<p style="text-align: center;">Analizador de Vibraciones</p>  

Fuente. El autor

La frecuencia sea establecido de acuerdo a que este tipo de maquina es crítica y se debe realizar un mantenimiento predictivo y poder eliminar cualquier tipo de parada inesperada que afecte a la producción

OBSERVACIONES

El purgado de válvulas se realiza automáticamente el cual solo hay que revisar su correcto funcionamiento

5.2.9 *Planificación, programación y documentos de control del mantenimiento.* El molino refinador de cacao trabaja 360 horas en producción en serie para poder elaborar un producto final y tiene un periodo de 8 horas para mantenimiento programado en toda la planta

5.2.10 *Tiempo de ejecución de cada tarea*

Tabla 26. Tiempo de ejecución de cada tarea

Banco de tareas del molino refinador de cacao	Tiempo en horas
Inspección del molino refinador de cacao	1
Inspección de filtros de entrada	1
Cambio kit filtros de entrada	2
Inspección sistema neumático	1
Cambio de filtro neumático	2
Inspección del motor de principal	1
Revisión del motor y su sistema eléctrico	3
Revisión de sensores de flujo	2
Revisión sensores de nivel	1
Revisión sistema de transmisión	3
Inspección de piedras de molienda	2
Revisión de bomba de alimentación	3
Revisión de bomba de descarga	3
Inspección del circuito eléctrico	1
Análisis termográfico a circuito eléctrico y motores	4
Análisis vibracional a motores	4
Revisión de extractor	1
Limpieza del equipo.	1
Total	23

Fuente. El autor

Tabla 27. Programación del mantenimiento

N ^a	BANCO DE TAREAS DEL MOLINO REFINADOR DE CACAO	AÑO 2013-2014													
		Frecuencia	Tiempo en h.	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
2	Inspección del molino refinador de cacao	360	1	15 30	15 30	15 30	15 30	15 30	15 30	15 30	15 30	15 30	15 30	15 30	
3	Inspección de filtros de entrada	720	1	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
4	Cambio kit filtros de entrada	4320	2	25						25					
5	Inspección sistema neumático	720	1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
6	Cambio de filtro neumático	4320	2	25						25					
7	Inspección del motor de principal	720	1	30						30					
8	Revisión del motor y su sistema eléctrico	2160	3		7			7			7			7	
9	Revisión de sensores de flujo	2160	2		7			7			7			7	
10	Revisión sensores de nivel	2160	1												
11	Revisión sistema de transmisión	81640	3		18										
12	Inspección de piedras de molienda	4320	2		25						25				
13	Revisión de bomba de alimentación	2160	3			8						8			
14	Revisión de bomba de descarga	2160	3			8						8			
15	Inspección del circuito eléctrico	720	1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
16	Análisis termográfico a circuito eléctrico y motores	4320	4				4						4		
17	Análisis vibracional a motores	4320	4				8						8		
18	Revisión de extractor	2160	1			15			15			15		15	
19	Limpieza del equipo.	Diaria	1												

Fuente. El autor

5.3 Manual de Seguridad

5.3.1 *Automatización higiénica en la producción de alimentos.* La protección del consumidor y de la marca del fabricante constituye el centro de atención de una automatización higiénica y eficiente en la producción de alimentos.

El objetivo es proporcionar una alta productividad y una calidad excelente en los alimentos.

En este manual vamos a encontrar información sobre:

- a) Detección y evitación de riesgos
- b) Normas y directivas aplicables para una técnica de la automatización higiénica
- c) Limpieza de piezas de máquinas en la zona de contacto con alimentos
- d) Recomendaciones para implementar una producción de alimentos higiénica

5.3.2 *Detección y evitación de riesgos.* En este tipo de maquinaria suele incrustarse bacterias y materiales corrosivos por el material utilizado para su elaboración a fin de evitar estas anomalías vamos a identificar los riesgos y causas en el sector

Causas biológicas: putrefacción debida a microorganismos y sus toxinas

Causas químicas: productos de limpieza, de desinfección y lubricantes

Materias extrañas de las máquinas, causadas con frecuencia por la corrosión o el desgaste o debido a otras fuentes

Para el diseño higiénico de una máquina, es necesario tener en cuenta la consecuencia de todos los riesgos e integrar medidas para su eliminación o reducción.

5.3.3 *Normas fundamentales.* Para este equipo se utilizan normas de seguridad OSHAS 18001

Con su implementación se reducen los riesgos para el fabricante y el consumidor. La norma de seguridad y salud ocupacional de máquinas se aplica para la protección y la seguridad de operarios y consumidores en todas las zonas donde los alimentos entran en contacto directo con piezas y componentes de la máquina.

La aplicación de las normas de diseño proporciona una seguridad alimentaria adicional.

En las máquinas trata principalmente las exigencias sanitarias y de seguridad para la protección de los operarios. Debe evitarse cualquier peligro posible. Las máquinas de preparación y manipulación de alimentos deben cumplir unos requisitos de higiene especiales. Las máquinas deben estar diseñadas y construidas de manera que no haya riesgo de transmitir infecciones, enfermedades ni contagios. Esta directiva constituye la base para el mercado.

5.3.4 *Identificar los límites de la máquina.* Sabemos que para este equipo necesitamos la capacidad de molienda de 740 kg/h el cual no debe sobrepasarse debido que es el caudal necesario no se debe manipular velocidades ni sobrecargar la máquina

Dentro de los parámetros de la maquinaria está establecido que no es una máquina de gran velocidad debido a la carga que necesita para las tres etapas de molienda dentro de la automatización se encuentran definidos las velocidades máximas el cual sobrepasar las mismas la máquina automáticamente indicara fallo

5.3.5 *Identificar los peligros.* El alto voltaje que la máquina necesita para su funcionamiento, también deberá tenerse en cuenta la posibilidad de atrapamientos, aplastamientos, cortes, con las piedras que son utilizadas para la molienda.

También deberán tenerse en cuenta otros factores como la estabilidad de la máquina, el ruido, la vibración y la emisión de sustancias o las radiaciones, así como las quemaduras de superficies calientes, sustancias químicas o fricción debido a altas velocidades. Esta fase debe incluir todos los peligros que puedan estar presentes durante el ciclo de vida de la máquina

Es importante revisar el funcionamiento del extractor de gases ya que el chocolate es volátil el cual si encuentra una mínima chispa tendría a explotar

El operador es el que interactúa con la máquina los peligros deben estar identificados, recuerde que el personal debe estar previamente capacitado y los peligros deben estar señalizados previniendo el uso indebido, incluida la posibilidad de que una persona no cualificada utilice la máquina y que podría encontrarse en el lugar de trabajo, es decir, no sólo operarios de las máquinas, sino personal de limpieza, de seguridad, visitantes y resto de personas

Figura 62. Peligros existentes



Fuente. <http://www.aprisalud.es/d%C3%B3nde-estamos/seguridad-laboral>

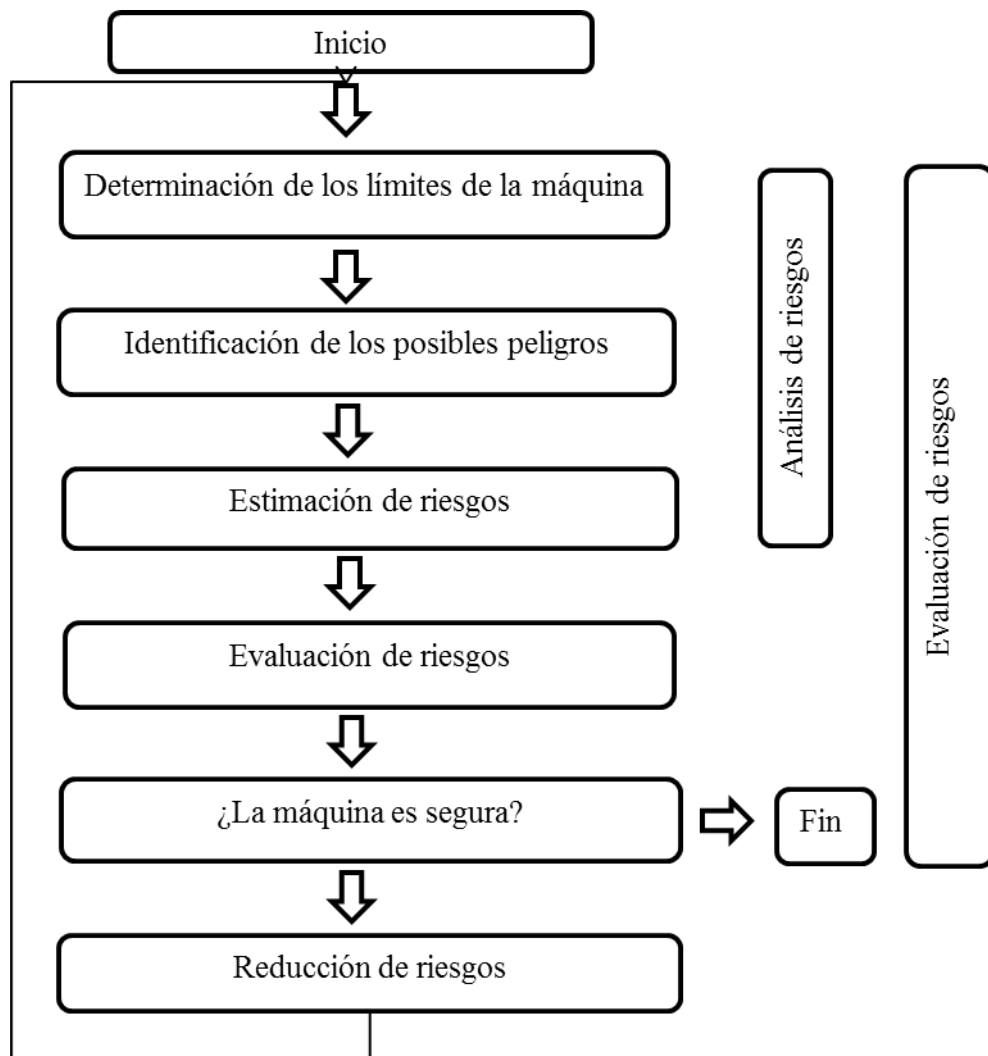
Cuando se trata de maquinaria que se necesita observar desde la parte superior nos encontramos con la necesidad de fabricar una plataforma de acceso seguro con sus respectivos pasamanos

5.3.6 Reducción de riesgos. La reducción de riesgos se define en términos de eliminación del riesgo.

El objetivo de las medidas adoptadas debe ser eliminar cualquier riesgo a lo largo de la vida útil previsible de la máquina, incluidas las fases de montaje, operación y mantenimiento.

El proceso de la evaluación de riesgos es iterativo, es decir, los riesgos deben identificarse, establecerse prioridades entre ellos, cuantificarse, diseñar medidas para reducirlos (primero mediante un diseño seguro y luego con protecciones) y después de este proceso se debe repetir para evaluar si los riesgos individuales se han reducido hasta un nivel tolerable y que no se han introducido riesgos adicionales. En el siguiente capítulo, se analizará el diseño seguro y la protección.

Figura 63. Evaluación de riesgos



Fuente. El autor

5.3.7 Controles afines (seguridades). Al ocurrir alguna acción que salga de los parámetros normales de funcionamiento, el sistema mandará la señal de falla a través de la “luz piloto de falla” y la “sirena”.

El sistema consta con las siguientes protecciones para garantizar la seguridad de cada una de sus partes físicas, como del proceso:

Al momento de encender la bomba de alimentación de dará un tiempo de 2 minutos para detectar licor a la entrada del molino, caso contrario apaga la bomba.

Si se activa el sensor de nivel alto en la tina de entrada de producto se apagará la bomba de alimentación.

El motor principal del molino podrá encenderse siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones de trabajo, caso contrario no permitirá su activación hasta que estos puntos se cumplan:

Temperatura OK -> (45 – 60)° C

Presión OK -> $P > 6$ Bar

Piedras arriba

Juntamente con la activación del molino se encenderá el extractor de gases y el sistema de enfriamiento (válvula de agua helada/caliente).

El motor principal del molino se apagará si existe alguna alteración en la presión de aire ($P < \min$) o por el accionamiento del relé térmico. Al apagar el motor principal del molino también se apagará el extractor de gases y activará la calefacción (válvula de agua helada/caliente).

El sistema de descarga posee una protección por medio del sensor de válvula manual de descarga abierta, la cual debe permanecer activa para dejar abrir la válvula de descarga y encender la bomba, caso contrario detiene la descarga si es que ésta se ha iniciado.

Cuando el sensor de nivel alto del recipiente de salida detecte producto por más de 1 minuto.

Para la descarga del producto retenido en el recipiente de salida, el sistema consta de 2 sensores (nivel alto y nivel bajo) encargados de accionar automáticamente la válvula y bomba de descarga sin importar el modo de operación seleccionado.

5.3.8 *Funcionamiento en seco.* Esta protección permite que cuando la máquina esté moliendo y deje de caer producto, automáticamente se suban las piedras al mismo tiempo, encendiendo la luz piloto y mandando falla.

Adicionalmente mandará falla por la alteración o salto de las protecciones de los motores:

Auxiliar del guardamotor de la bomba de alimentación.

Auxiliar del guardamotor del extractor de gases.

Auxiliar del guardamotor de la bomba de descarga.

Para poder apagar la sirena y la luz de falla basta con presionar los botones “silenciar sirena” y “reset falla” respectivamente

5.3.9 *Protecciones eléctricas.* Durante fases peligrosas de funcionamiento. A diferencia de los enclavamientos sin electroimán, se utilizan en cargas de alta inercia, es decir, en los casos en los que el tiempo de detención es largo y es preferible permitir el acceso únicamente cuando se haya detenido el movimiento peligroso. Se utilizan a menudo en un circuito con temporización (en el que se conoce y define el tiempo de detención de la máquina) o en la parada real de velocidad cero (en la que el tiempo de parada puede variar) para permitir el acceso únicamente cuando se den condiciones seguras.

Los dispositivos de enclavamiento deben seleccionarse e instalarse para reducir al mínimo la posibilidad de fallos y defectos y la protección general no debe impedir las tareas de producción. Entre los pasos que se deben adoptar para lograrlo se incluyen los siguientes:

5.3.10 *Medidas protectoras complementarias - Parada de emergencia.* Aunque las paradas de emergencia son necesarias para todas las máquinas no se consideran un medio fundamental para la reducción de riesgos. Se consideran “medidas protectoras complementarias”. Se utilizan únicamente como sistema complementario en caso de

emergencia. Deben ser robustas, fiables y estar disponibles en todas las posiciones en las que pueda ser necesario accionarlas.

Las paradas de emergencia en la maquinaria deben ser “antifraudes”. Es decir, su diseño debe garantizar que aunque se pulse el botón muy lentamente o se tire del cable, si el contacto que normalmente está cerrado se abre, el mecanismo debe enclavarse. Esto evita “usos fraudulentos”, que pueden derivar en situaciones peligrosas.

También debe darse lo contrario, es decir, que el enclavamiento no debe producirse a menos que se abra el contacto de NC.

Figura 64. Parada de emergencia



Fuente. Molino refinador de cacao Lehmann

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se analizó el estado técnico en el cual la máquina se encontraba antes de la modernización y actualización del sistema implementadas en el circuito de control y fuerza ha hecho que la producción sea permanente y constante como ya se indicó que esta máquina es una que complementa la producción en serie es fundamental que no debe ocurrir ningún tipo de fallo ni averías el cual perjudica el producto final.

Se optimizó los tiempos de operación haciendo que la máquina sea más efectiva modernizando el sistema con la implementación del PLC S7-300 las diferentes funciones del controlador permitirá solucionar problemas y en el caso de existir un fallo se conocerá con exactitud donde se encuentra el fallo y corregir de inmediato para evitar paros entere producción haciendo que los sistemas cumplan con todas las normas de seguridad y calidad para tranquilidad del consumidor final.

Se elaboró los manuales de operación, mantenimiento y seguridad que son fundamentales para la planeación, organización, ejecución y control del molino refinador de cacao, donde en cada una de las etapas se describen los procedimientos y operaciones necesarias para el proceso de operación.

6.2 Recomendaciones

Realizar un control de mantenimiento adecuado en el equipo para que cumpla con el rendimiento requerido, para lo cual se recomienda implementar documentos de trabajo ya que los mismos son utilizados para evaluar la gestión del mantenimiento.

Leer el manual de operación para manipular los controles ya sea en forma automática o manual en forma ordenada teniendo en cuenta cual son las condiciones y pasos para ejecución del molino.

Seguir el manual de mantenimiento para mantener las condiciones y parámetros de operación de una máquina confiable.

Leer el manual de seguridad antes de realizar cualquier acción de operación y mantenimiento.

Aumentar la señalética para todas las instalaciones indicando cuales son los peligros eminentes

Bibliografía

PIZA, Pérez Rosa, 2009. La Calidad Del Cacao, Quito, Ecuador, 2009

LIENDO, Rigel J, 1986. Investigador INIA Centro de Investigaciones Agrícolas Maracay, Estado de Aragua 1986

MINIFIE, B. W. 1989. Chocolate, cocoa and confectionery science and technology. 2nd edition. Avi Publishing Westport, Connecticut, USA 753P 1989

PINEDA, SANCHEZ Teresa, 2003. Procesos De Elaboración De Alimentos Y Bebidas, Madrid, España, 2003

ENRIQUEZ, Gustavo, 1957. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas,1957. Manual del curso de cacao, Turrialba, Costa Rica, marzo 1957

URQUHART D. H, 1963. Cacao, Instituto Interamericano De Ciencias Agrícolas De La O.E.A. Costa Rica, 1963

HARDY, Frederick, 1961. Manual del cacao, Instituto Interamericano De Ciencias Agrícolas Turrialba Costa Rica 1961

SIEMENS, Simatic, 2012. Manual de producto s7-300, 2012

SIEMENS, Simatic, 2012. Datos de los módulos, Sistema de Automatización S7-300, 2012