



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

**MONTAJE DE UNA EMPACADORA TIPO HORIZONTAL OPERADA POR
SERVOMECANISMOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE GALLETAS**

Elvis Alexander Avila Melgar

Asesorado por el Ing. Juan José Vásquez Castillo

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE DE UNA EMPACADORA TIPO HORIZONTAL OPERADA POR
SERVOMECANISMOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE GALLETAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ELVIS ALEXANDER AVILA MELGAR
ASESORADO POR EL ING. JUAN JOSÉ VÁSQUEZ CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MARZO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

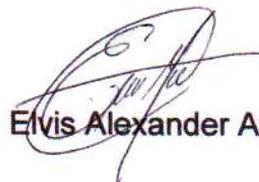
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Sergio Torres Hernández
EXAMINADOR	Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

MONTAJE DE UNA EMPACADORA TIPO HORIZONTAL OPERADA POR SERVOMECANISMOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE GALLETAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha marzo de 2011.


Elvis Alexander Avila Melgar

Guatemala, 28 de Octubre de 2011

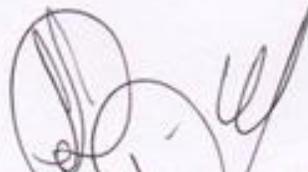
Ingeniero
Calos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Estimado Ingeniero:

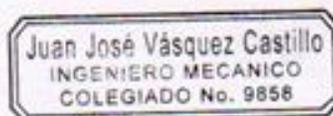
Por este medio le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado **"Montaje de una Empacadora tipo Horizontal operada por Servomecanismos en una Planta de Producción de Galletas"**, elaborado por el estudiante Elvis Alexander Ávila Melgar.

El mencionado trabajo de graduación llena los requisitos para mi aprobación, e indicarle que el autor y mi persona somos los responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,



Ing. Juan José Vásquez Castillo
Col. No. 9858
ASESOR



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **MONTAJE DE UNA EMPACADORA TIPO HORIZONTAL OPERADA POR SERVOMECANISMOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE GALLETAS**, del estudiante **Elvis Alexander Avila Melgar** recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, noviembre de 2011.

/behdei.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado MONTAJE DE UNA EMPACADORA TIPO HORIZONTAL OPERADA POR SERVOMEKANISMOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE GALLETAS, del estudiante Elvis Alexander Avila Melgar, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, marzo de 2012

JCCP/behdel



DTG. 139.2012.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MONTAJE DE UNA EMPACADORA TIPO HORIZONTAL OPERADA POR SERVOMECANISMOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE GALLETAS**, presentado por el estudiante universitario **Elvis Alexander Avila Melgar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Osmeo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 21 de marzo de 2012.

/gdech



AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y por brindarme la oportunidad de alcanzar este éxito.
- Mis padres** Mario René Avila y Miriam Esperanza Melgar, por haberme dado la vida, el apoyo y consejos que me han dado durante mi carrera.
- Mis hermanos** Mario René Avila y Edwin Antonio Avila Melgar, por ser parte importante en mi vida, que este éxito que he alcanzado, sea para ellos un ejemplo de desarrollo profesional a seguir.
- Mis amigos** Por confiar y creer en mí, y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.
- Asesor** Ing. Juan José Vásquez Castillo, por ser mi guía y por su valioso aporte en la elaboración de este trabajo de graduación.

Facultad de Ingeniería	Por brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme profesionalmente en el campo de la Ingeniería.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi segundo hogar en donde logré alcanzar un éxito en mi formación académica.
La empresa BIMBO de Guatemala S.A.	Por la colaboración en el desarrollo de este trabajo de graduación.
Ing. Allen Raúl Gustavo Roca Recinos	Por su apoyo para terminar este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	1
1.1. Ubicación de la empresa	1
1.2. Reseña histórica.....	2
1.3. Estructura organizacional	3
1.4. Misión de la empresa	4
1.5. Visión de la empresa	4
1.6. Política de calidad de la empresa	5
1.6.1. Certificaciones internacionales	5
1.7. Actividad productiva de la empresa.....	6
2. CONCEPTOS GENERALES.....	7
2.1. Finalidad de los sistemas de servomotores.....	7
2.2. Servo sistemas	7
2.2.1. Servomotores	7
2.2.2. Trabajo del servomotor	10
2.2.3. Tipos de servomotores	11
2.2.3.1. Servomotores de CD	11

	2.2.3.1.1.	Servomotor de campo controlado.....	12
	2.2.3.1.2.	Servomotor de armadura controlada	13
	2.2.3.1.3.	Servomotor de CD de imán permanente	15
	2.2.3.1.4.	Servomotores serie de campo dividido	19
	2.2.3.2.	Servomotores de CA	23
2.2.4.		<i>Drivers</i>	28
2.2.5.		Variadores	30
	2.2.5.1.	Rectificador	31
	2.2.5.2.	Enlace de corriente continua	31
	2.2.5.3.	Variador.....	31
	2.2.5.4.	Circuito de control	32
2.2.6.		<i>Panel View</i>	32
	2.2.6.1.	Tipos de terminales	32
		2.2.6.1.1. Terminales en color y escala de grises	33
2.2.7.		Procesador	33
	2.2.7.1.	Funcionamiento.....	34
	2.2.7.2.	Instrucciones	35
	2.2.7.3.	Registros	36
	2.2.7.4.	Señales de control.....	37
	2.2.7.5.	Unidades funcionales	37
	2.2.7.6.	Tipos de procesadores	39
2.3.		Ubicación ideal del sistema de servomotores	40
2.4.		Empacadora servocontrolada	41
	2.4.1.	Empacadora tipo vertical	42

2.4.1.1.	Empacadoras verticales de tres costuras	42
2.4.1.2.	Empacadoras verticales de cuatro costuras	43
2.4.2.	Empacadora tipo horizontal	44
2.4.3.	Equipos elementales	45
2.4.3.1.	Sistema de dosificación	46
2.4.3.2.	Sistema de sellado	49
2.4.3.3.	Banda transportadora	51
2.4.3.4.	Bobina de aportación.....	51
2.4.4.	Tipos de comunicación	52
2.4.4.1.	Comunicación analógica.....	52
2.4.4.2.	Comunicación digital.....	52
2.4.5.	Características de una comunicación	53
2.4.6.	Control de las máquinas empacadoras	54
3.	ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE EMPAQUE.....	55
3.1.	Equipos utilizados en empaque.....	55
3.2.	Especificaciones del sistema de empaque	57
3.2.1.	Dimensiones de la máquina.....	57
3.2.2.	Formatos de envoltura	57
3.2.3.	Producto a manejar	58
3.2.4.	Dimensiones de la bobina.....	58
3.2.5.	Velocidad de funcionamiento.....	58
3.2.6.	Requerimientos eléctricos	59
3.2.7.	Variador de velocidad PIV	59
3.2.8.	Variador de velocidad de poleas cónicas	59
3.3.	Funcionamiento del sistema de empaque	59
3.3.1.	Transportador de entrada	60

3.3.2.	Rodillos alimentadores	60
3.3.3.	Caja formadora.....	61
3.3.4.	Soporte para bobina de papel	62
3.3.5.	Ensamble de portabobinas de papel	62
3.3.6.	Rodillos guías.....	62
3.3.7.	Selladores de aleta.....	63
3.3.8.	Mordazas sello-cortadoras	63
3.3.9.	Transportador de salida	64
3.3.10.	<i>Clutch</i>	65
3.3.11.	Transmisión por metadiamétrico	65
3.3.12.	Motor de corrección.....	65
3.3.13.	Unidad diferencial.....	66
3.3.14.	Control fotoeléctrico	66
3.3.15.	Módulo CEL-8461	67
3.3.16.	Tablero de control	68
3.3.17.	Panel de control mecánico	69
3.4.	Transmisión del sistema de empaque.....	69
3.4.1.	Transmisión por metadiamétrico	70
3.4.2.	Embrague eléctrico	73
3.4.3.	Poleas cónicas	73
3.4.4.	Mordazas sellocortadoras	74
3.4.5.	Registro de posición.....	74
3.5.	Mantenimiento realizado al sistema de empaque	74
3.5.1.	Reemplazo de banda plana de poleas cónicas	74
3.5.2.	Reemplazo de la banda de salida	75
3.5.3.	Reemplazo de termopar y del elemento calentador de los discos selladores de aleta	76
3.5.4.	Sistema calentador de las mordazas sello-cortadoras.....	77

3.5.5.	Anillos colectores.....	77
3.5.6.	Arreglo de elementos calentadores montados sobre los anillos colectores.....	77
3.5.7.	Limpieza de anillos colectores.....	78
3.5.8.	Desensamble de los anillos colectores.....	78
3.5.9.	Reemplazo de los elementos calentadores (resistencias montadas sobre las mordazas).....	79
3.5.10.	Reemplazo del termopar para la mordaza.....	80
3.6.	Diagrama eléctrico del sistema de empaque.....	83
3.7.	Propuesta para la mejora del sistema de empaque	85
3.7.1.	Situación actual	85
3.7.2.	Situación futura.....	86
3.7.3.	Selección de los elementos que conformaran el nuevo sistema de empaque.....	86
4.	MONTAJE DEL NUEVO SISTEMA DE EMPAQUE	87
4.1.	Instalación del sistema de empaque	87
4.1.1.	Instalación del servocontrolador y de los servodrive	87
4.1.1.1.	Descripción de los elementos.....	87
4.1.1.1.1.	Servocontrolador	87
4.1.1.1.2.	Servodrive	88
4.1.1.2.	Dimensiones de instalación	89
4.1.1.3.	Instalación.....	90
4.1.1.3.1.	Notas de instalación	90
4.1.1.3.2.	Condiciones de instalación	91
4.1.1.3.3.	Procedimiento de instalación	92

4.1.2.	Montaje de elementos eléctricos	96
4.1.2.1.	Descripción de los elementos.....	96
4.1.2.1.1.	Wago I/O System 750 ...	97
4.1.2.1.2.	Controlador de campo...	98
4.1.2.1.3.	Módulos de entrada digital WAGO 750-430	99
4.1.2.1.4.	Módulos de salida digital WAGO 750-530	100
4.1.2.1.5.	Variador de frecuencia	101
4.1.2.1.6.	Fuente de poder	104
4.1.3.	Instalación de contactores magnéticos	105
4.1.4.	Instalación de los servomotores	107
4.1.4.1.	Montaje.....	108
4.1.5.	Instalación de elementos de transmisión	110
4.1.5.1.	Poleas dentadas.....	110
4.1.5.2.	Bandas de sincronización.....	112
4.1.6.	Instalación de conectores eléctricos rotativos	114
4.1.7.	Diagrama de red estructurada del nuevo sistema de empaque	115
4.2.	Automatización del sistema de empaque.....	116
4.2.1.	Realización del diagrama eléctrico de fuerza y control.....	117
4.2.2.	Configuración de cables de comunicación	124
4.2.3.	Instalación del panel de control (Panel <i>View</i>).....	125
4.2.3.1.	Dimensiones de montaje	125
4.2.3.2.	Procedimiento de instalación.....	126
4.3.	Montaje de la empacadora servocontrolada	128

4.4.	Programas de mantenimiento preventivo para el nuevo sistema de empaque	129
4.4.1.	Realización de procedimiento de mantenimiento preventivo del sistema de empaque	130
4.4.2.	Capacitación de personal operativo.....	135
	CONCLUSIONES	137
	RECOMENDACIONES	139
	BIBLIOGRAFÍA	141
	ANEXOS	143

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la planta Bimbo de Centroamérica, S.A.....	1
2.	Organigrama de la Planta	4
3.	Servomotor.....	8
4.	Servomotor de posición.....	8
5.	Partes principales de un servomotor	9
6.	Partes de un servomotor	10
7.	Servomotor de CD de campo controlado	13
8.	Servomotor de CD de armadura controlada.....	14
9.	Relaciones par-velocidad y par-corriente a tres voltajes de armadura distintos.....	17
10.	Relaciones par-velocidad y rangos de potencia para funcionamiento seguro, continuo e intermitente	18
11.	Servomotor con excitación separada	20
12.	Servomotor con excitación directa	21
13.	Servomotor bifásico.....	23
14.	Servomotor de polos sombreados	24
15.	Servomotor de taza de freno.....	26
16.	Amortiguador magnético de taza	27
17.	Curvas características par-velocidad del servomotor de CA.....	27
18.	<i>Driver</i>	29
19.	Circuito común del <i>driver</i>	29
20.	Diagrama de los principales bloques de un variador.....	30
21.	Procesador.....	34

22.	Elementos que componen un procesador	39
23.	Partes de una empacadora vertical para empaques de tres costuras ..	43
24.	Partes de una empacadora vertical para empaques de cuatro costuras	44
25.	Partes de una empacadora tipo horizontal	45
26.	Dosificador volumétrico de plato giratorio	46
27.	Dosificador de tornillo	47
28.	Dosificador por pesaje de dos cabezales	48
29.	Dosificador volumétrico por pistón para líquidos	48
30.	Mordazas para sellado por temperatura constante.....	50
31.	Niquelinas para sellado por impulsos	51
32.	Partes principales de una empacadoras FMC WA-520	55
33.	Localización de las partes de una empacadora continúa FMC WA-520	56
34.	Sistema de alimentación de papel de empaque	61
35.	Selladores de aleta	63
36.	Mordazas sello-cortadoras.....	64
37.	Transmisión de la máquina.....	70
38.	Transmisión por metadiámetro.....	71
39.	Flecha de transmisión.....	72
40.	Elementos principales del sistema de empaque	73
41.	Formato control de lubricación empacadoras	81
42.	Formato de mantenimiento preventivo empacadoras	82
43.	Diagrama eléctrico del sistema de empaque	83
44.	Diagrama de fuerza del sistema de empaque (tablero)	84
45.	SMLC FESTO.....	88
46.	Driver FESTO	88
47.	Dimensiones SMLC	89
48.	Dimensiones <i>driver</i>	90

49.	Panel de control	92
50.	Posición de montaje del <i>driver</i>	93
51.	Panel de aislación	94
52.	Montaje de los elementos al panel aislante.....	94
53.	Separaciones mínimas entre el panel y el servo <i>driver</i>	95
54.	Separaciones mínimas entre servomando y <i>drivers</i>	95
55.	Canaleta de cableado y riel de acero inoxidable	96
56.	Wago I/O System 750	97
57.	Controlador de campo.....	98
58.	Módulo de entrada digital WAGO 750-430.....	100
59.	Módulo de salida digital WAGO 750-530	100
60.	Partes variador de frecuencia	102
61.	Pantalla principal variador de frecuencia.....	103
62.	Fuente de poder WAGO.....	104
63.	Elementos eléctricos instalados	105
64.	Contactador magnético	106
65.	Protección de elementos eléctricos.....	106
66.	Dimensiones servomotor.....	107
67.	Servomotor montado.....	109
68.	Placa de acero a la cabeza del servomotor	109
69.	Ubicación de poleas.....	111
70.	Geometría de las bandas y poleas de sincronización	112
71.	Sistema de transmisión.....	113
72.	Ubicación de bandas de sincronización	113
73.	Conectores eléctricos rotativos	114
74.	Conectores eléctricos rotativos montados.....	115
75.	Diagrama de red estructurada.....	116
76.	Diagrama de fuerza sistema de empaque.....	117
77.	Diagrama de fuerza sistema de empaque.....	118

78.	Diagrama de control sistema de empaque	119
79.	Diagrama de control sistema de empaque	120
80.	Diagrama de control sistema de empaque	121
81.	Diagrama de fuerza sistema de empaque	122
82.	Diagrama de control sistema de empaque	123
83.	Configuración cables de comunicación sistema de empaque	124
84.	Sistema eléctrico empacadora.....	125
85.	<i>Panel View</i>	125
86.	Dimensiones de instalación panel <i>View</i>	126
87.	Junta selladora panel <i>View</i>	127
88.	Vista posterior y frontal panel <i>View</i>	127
89.	Empacadora servocontrolada vista frontal.....	128
90.	Empacadora servocontrolada vista posterior	129
91.	Formato de mantenimiento preventivo empacadoras	133
92.	Formato control de lubricación empacadoras	134

TABLAS

I.	Módulos digitales 1	99
II.	Módulos digitales 2	101
III.	Funciones básicas variador de frecuencia.....	103
IV.	Dimensiones servomotor	108
V.	Poleas utilizadas en el montaje del nuevo sistema de empaque.....	111
VI.	Bandas de sincronización utilizadas en el montaje del nuevo sistema de empaque.....	113

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
hp	Caballos de potencia
cm	Centímetros
CPI	Ciclos por instrucción
PVC	Cloruro de polivinilo
PC	Contador de programa
OC	Contador ordinal
CA	Corriente alternar
c.c.	Corriente continua
CD	Corriente directa
bit	Dígito binario
LED	Diodo emisor de luz
PWM	Duración de pulsos
°C	Grados Celsius
Hz	Hertz

IFS	Interfaz
kg	Kilogramo
MHz	Megahertz
mm	Milímetros
MIPS	Millones de instrucciones por segundo
N-m	Newton-metro
ACC	Registro acumulador
bytes	Unidad fundamental de datos
PIV	Variador de velocidad
V	Voltio

GLOSARIO

American Institute of Baking

Es una serie de normas para evaluar los riesgos en la seguridad de alimentos dentro de las plantas alimenticias. Sus siglas son AIB.

Amortiguador magnético

Caracterizado por el cambio de polaridad de dos imanes encerrados dentro de una carcasa de material no imantable, produce entre ambos imanes encerrados por sus polos iguales, un efecto de repulsión, el cual es aprovechado para la función del amortiguador magnético.

Automatización

Sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente realizadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana.

Clutch

Es un sistema que permite tanto transmitir como interrumpir la transmisión de una energía mecánica a su acción final de manera voluntaria.

Contactador

Es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo y otra inestable.

Driver

Llamado normalmente Controlador, es un dispositivo que permite al sistema operativo interactuar con un periférico, haciendo una abstracción del *hardware* y proporcionando una interfaz para usarlo.

Empacadora

Es una máquina que tiene como único uso empacar productos sólidos.

Estándar mundial de seguridad alimentaria

Es un estándar internacional que define los requisitos para un sistema de gestión de la seguridad alimentaria. El sistema ayuda a las organizaciones a identificar sistemáticamente todos los peligros que pueden afectar a la seguridad e higiene de los alimentos.

Fotoeléctrico

Consiste en la emisión de electrones por un metal cuando se hace incidir sobre él una radiación electromagnética.

Memoria de acceso aleatorio

Es la memoria donde al procesador recibe las instrucciones y guarda los resultados. Sus siglas son RAM.

Mordaza	Es un mecanismo utilizado para la sujeción de piezas.
Norma de seguridad y protección al comercio internacional	Norma que está destinada a ayudar a las organizaciones en el desarrollo de una propuesta de gestión en control y seguridad en el comercio Internacional, que proteja a las empresas, a sus empleados y otras personas cuya seguridad puedan verse afectada por sus actividades. Sus siglas son BASC.
Organización internacional para la estandarización	Sus siglas son ISO, es una federación mundial que agrupa a representantes de cada uno de los organismos nacionales de estandarización, y que tiene como objeto desarrollar estándares internacionales que faciliten el comercio internacional.
Procesador	Es un sistema digital generalmente dedicado a interpretar señales analógicas a muy alta velocidad.
<i>Quality Bakers of America</i>	Es una cooperativa propiedad de los principales panaderos mayoristas de Estados Unidos. Sus siglas son QBA.
Rectificador	Es un elemento o circuito que permite convertir la corriente alterna en corriente continua.

Registro de instrucciones	Es un registro de la unidad de control del CPU en donde se almacena la instrucción que se está ejecutando. Sus siglas son RI.
Servocontrolador	Es un dispositivo que tiene como función enviar señales de mando al servomotor, que viene del <i>driver</i> .
Servomotor	Es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.
Sistema internacional	Es el nombre que recibe el sistema de unidades que se usa en casi todos los países. Sus siglas son SI.
Sistema metadiamético	Es un sistema que se utiliza para conducir las mordazas cortadoras a la misma velocidad que el papel de empaque.
Termopar	Es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que producen un voltaje, que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado “punto caliente” o unión caliente o de media y el otro denominado “punto frío” o unión fría o de referencia.

**Unidad central de
proceso**

Es un componente de dispositivos programables, que interpreta las instrucciones contenidas en los programas y procesa los datos. Sus siglas son CPU.

**Unidad de punto
flotante**

Es una unidad de ejecución dedicada, diseñada para realizar las funciones matemáticas con números del punto flotante. Sus siglas son FPU.

**Variador de
frecuencia**

Es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

RESUMEN

El presente trabajo consiste en una descripción general sobre el montaje y automatización del sistema de empaque de una planta de producción de galletas, con base a especificaciones hechas por los distintos fabricantes de los diferentes elementos que constituyen el sistema de empaque, describiendo los conceptos básicos de servomotores, empacadoras automáticas y semiautomáticas; así como los principios teóricos y técnicos de motores eléctricos, elementos mecánicos, fajas y poleas de transmisión. Después se hará una descripción de cada uno de los componentes que conforman el sistema de empaque controlado por servomecanismos.

También se explicarán algunos factores de suma importancia para la instalación y selección de los diferentes equipos del sistema de empaque, como el campo de trabajo, recepción y manejo del equipo, y materiales utilizados en la instalación.

Por último, se trata el tema de la instalación y montaje de cada uno de los componentes del sistema de empaque controlado por servomecanismo. También, en este último capítulo se desarrollarán formatos de mantenimiento preventivo para el nuevo sistema de empaque implementado.

Todo lo anterior expuesto, es una referencia a todo el proceso que conlleva el montaje de una empacadora tipo horizontal controlada por servomecanismos en una planta de producción de galletas.

OBJETIVOS

General

Proponer un plan para el montaje de una empacadora tipo horizontal operada por servomecanismos en una planta de producción de galletas.

Específicos

1. Instalar los sistemas de servomecanismos en la empacadora.
2. Reducir el tiempo de paro por mantenimientos y fallas mecánicas.
3. Establecer los elementos adecuados que conformar el sistema de empaque para satisfacer las necesidades de producción.
4. Implementar un programa de mantenimiento preventivo del sistema de empaque.

INTRODUCCIÓN

En la industria alimenticia las empacadoras son parte importante de la operación, y en la planta de Bimbo de Guatemala S.A., se invierte en el mantenimiento para evitar los paros por fallas mecánicas, en las líneas que trabajan ciento sesenta y ocho horas por semana; los equipos que más tiempo pararon las operaciones de las líneas por fallas mecánicas, fueron las empacadoras, la busca de proyectos para disminuir corte desajustado, mal sellado en discos selladores, tiempos de pausa, bandas, además la necesidad de ajustes y mantenimientos preventivos muy cortos, nos lleva a buscar nuevas tecnologías.

Las empacadoras actuales mantienen un control electro-mecánico convencional, lo que hace que no se pueda incrementar la productividad de la máquina y en consecuencia la del área de empaque; actualmente las empacadoras entregan cien cortes por minuto por empacadora, la instalación de empacadoras con servomotores, sustituirá el sistema actual eléctrico con contactores, motores eléctricos, pulsadores, controladores lógicos programables y pantallas panel *view*, para la interacción entre el operador y la máquina. Actualmente Bimbo de Guatemala S.A., cuenta con un sistema que les permite operar de manera aceptable, pero se hace necesario realizar un análisis de las condiciones actuales del área de empaque para determinar su eficacia y buscar el aumento de la productividad.

Se dará una descripción de los elementos que componen las empacadoras y el sistema de servomotores, así como la descripción del montaje de las empacadoras y un análisis del sistema actual de empaque, también se realizará un programa de mantenimiento preventivo y repuestos críticos para el nuevo sistema de empacadoras.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1. Ubicación de la empresa

La empresa Bimbo de Centroamérica, S.A., se encuentra ubicada en el kilómetro 52 carretera Interamericana, municipio de El Tejar, departamento de Chimaltenango, Guatemala. C.A.

Figura 1. Ubicación de la planta Bimbo de Centroamérica, S.A.



Fuente: Google Earth. Junio 2011.

1.2. Reseña histórica

Grupo Bimbo fue fundado en la ciudad de México en 1945 y hoy en día cuenta entre las empresas de panificación más importantes del mundo, por su volumen de producción, ventas y posicionamiento de marca.

En México es la compañía más grande de alimentos, y líder indiscutible en la panificación nacional, así como en la de varios países de Latinoamérica.

Su compromiso de ser una compañía altamente productiva y plenamente humana, así como innovadora, competitiva y orientada a la satisfacción total de sus clientes y consumidores, está presente en México, Estados Unidos de América, Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Panamá, Chile, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Perú, Venezuela, Uruguay, Paraguay, la República Checa y China.

El Grupo está configurado por 98 plantas, 5 asociadas y 2 empresas comercializadoras.

El Grupo cuenta con la red de distribución más extensa del país y una de las más grandes del continente americano, con 39 000 rutas garantiza que sus productos lleguen frescos y todo el tiempo a los más de 1 800 000 puntos de venta localizados en 17 países del mundo.

Grupo Bimbo ha hecho importantes inversiones a través del establecimiento de plantas productivas, asociaciones estratégicas y la adquisición de empresas del sector, que le permiten su consolidación operativa. Así, entre sus adquisiciones se encuentran, en China, Pan Rico Beijing; en Guatemala, Pan Europa; en Uruguay, Los Sorchantes; en Chile, Lagos del Sur; en México, Pastelerías El Globo, La Corona, Galletas Gabi, Joyco de México. Las operaciones de panificación de Lalo, en Colombia; *George Weston*, LTD, *Oroweat* en la región oeste de los Estados Unidos, y el 100 por ciento del capital de una de las empresas panificadoras más grandes e importantes en Brasil (Plus Vita LTDA) además de adquirir laura y Nutrella en el mismo país, finalmente, *Weston Foods Inc* en los Estados Unidos.

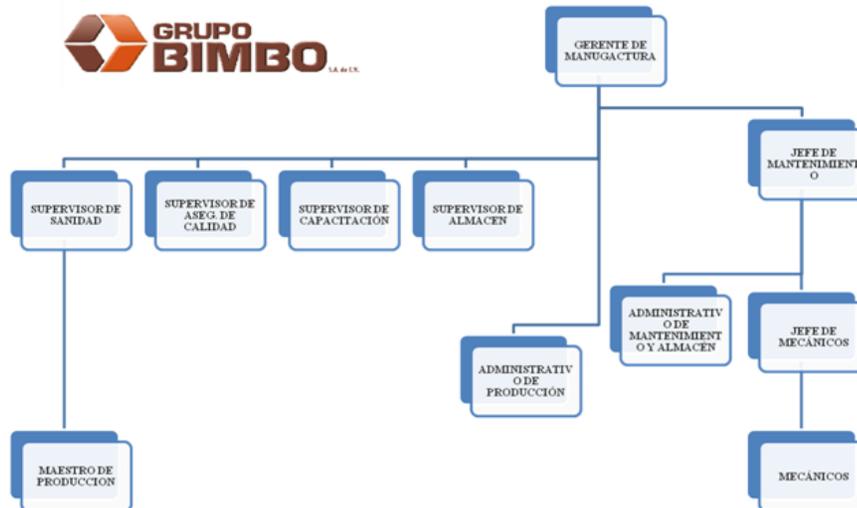
Comprometido con su responsabilidad social, Grupo Bimbo participa en importantes proyectos comunitarios, como la reforestación de áreas naturales protegidas de la República Mexicana, así como en diferentes proyectos para el bienestar de la sociedad.

Durante los últimos años, Grupo Bimbo ha fortalecido el trabajo en sus sistemas de calidad para garantizar la inocuidad y consistencia de sus productos. Ha obtenido reconocimientos nacionales e internacionales que avalan la efectividad de dichos sistemas. Entre estos reconocimientos pueden enunciarse: ISO 9002 y HACCP, ISO 9000:2000, industria limpia, BASC e IFS. Actualmente sigue implementando estos sistemas en todas sus organizaciones.

1.3. Estructura organizacional

Se presenta el organigrama actual de la administración de la planta de panificación.

Figura 2. Organigrama de la planta



Fuente: www.grupobimbo.com.mx. Julio 2011.

1.4. Misión de la empresa

Elaborar y comercializar productos alimenticios, desarrollando el valor de nuestras marcas. Comprometiéndonos a ser una empresa altamente productiva y plenamente humana, innovadora, competitiva y fuertemente orientada a la satisfacción de nuestros clientes y consumidores.

1.5. Visión de la empresa

Ser una empresa líder en panificación a nivel mundial, altamente productiva y plenamente humana, comprometido a satisfacer las expectativas de los clientes y consumidores con productos y servicios de calidad.

1.6. Política de calidad de la empresa

Grupo Bimbo se compromete a elaborar, distribuir y comercializar productos alimenticios de calidad que satisfagan las expectativas de sus clientes y consumidores.

Desde su fundación en 1945, Grupo Bimbo inició sus actividades con dos pilares de calidad: la frescura de nuestros productos y la calidad del servicio, mismos que dieron pauta para que nuestra forma de hacer Negocios adoptara la Calidad como uno de nuestros valores fundamentales. Hoy contamos con un modelo de gestión basado en los principios universales de calidad clase mundial que se está implantando en todas nuestras operaciones y sirve de base para el reconocimiento de calidad a las operaciones con mejores resultados en el Grupo.

1.6.1. Certificaciones internacionales

A la fecha contamos con más de 200 procesos certificados bajo los lineamientos del estándar internacional ISO 9002:94 incluyendo todas las variedades de pan blanco, bollería salada, tortillas de harina y maíz, pastelitos, chocolates, galletas, botanas, gomas, etc.

Cabe destacar que Grupo Bimbo es la primera empresa panificadora de Latinoamérica en recibir estos certificados que reconocen su alta calidad internacional en los procesos industrializados de fabricación de pan blanco y bollería.

Para nosotros la calidad e inocuidad de nuestros productos es una de nuestras más altas prioridades y al respecto cumplimos con los más altos estándares de sanidad y buenas prácticas de manufactura, nacionales e internacionales. Año con año nuestras plantas se ubican el nivel de calificación más alto otorgado hasta la fecha por *Quality Bakers of America* "QBA" convirtiéndose así en el *Benchmark* mundial para la industria alimenticia.

Por su parte, el *American Institute of Baking* (AIB) de los Estados Unidos y el *Guelph Food Technology Center* de Canadá han otorgado certificados de acreditación HACCP (HACCP es el estándar mundial de seguridad alimentaria) a nuestras plantas de Marinela de Occidente, Bimbo de Occidente y Marinela Norte siendo las primeras panificadoras de América Latina en lograr este difícil estándar. Estamos trabajando arduamente para que todas nuestras operaciones lo logren.

1.7. Actividad productiva de la empresa

Con una gran trayectoria y presencia en México, en Estados Unidos, y en doce países de América Latina, la marca Bimbo ha sido generación tras generación la favorita de chicos y grandes. Los versátiles panes de caja blancos e integrales, elaborados con harinas de trigo seleccionadas.

Pan Dulce Bimbo, todo el sabor del tradicional pan para disfrutar en el desayuno, como parte del lunch escolar o para merendar. *Bimbo Kids*, un delicioso, nutritivo pan elaborado con mantequilla, huevo y leche creado para los más pequeños e ideal para complementar y equilibrar su dieta diaria.

Es todas sus líneas, Bimbo pone especial cuidado en brindar productos higiénicos, frescos, deliciosos y con un alto valor nutricional.

2. CONCEPTOS GENERALES

2.1. Finalidad de los sistemas de servomotores

En todo sistema de control, existe una variable que se mantiene dentro de ciertos límites; generalmente en servosistemas ésta variable es la posición. El objetivo es que el servo motor realice el movimiento programado con precisión, controlando su posición y en consecuencia su velocidad y aceleración.

2.2. Servo sistemas

Hoy en día los sistemas de control constituyen la base de todo proceso industrial y automatización en general, siendo su finalidad proporcionar una respuesta adecuada a un estímulo determinado.

2.2.1. Servomotores

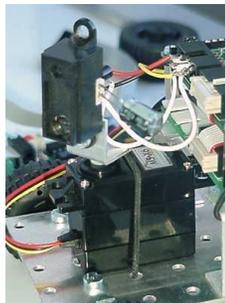
Los servos son un tipo especial de motor de corriente continua que se caracterizan por su capacidad para posicionarse de forma inmediata en cualquier posición dentro de su intervalo de operación. Para ello, el servomotor espera un tren de pulsos que se corresponde con el movimiento a realizar. Están generalmente formados por un amplificador, un motor, un sistema reductor formado por ruedas dentadas y un circuito de realimentación, todo en una misma caja de pequeñas dimensiones. El resultado es un servo de posición con un margen de operación de 360 grados aproximadamente.

Figura 3. **Servomotor**



Fuente: http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/sistema/motores_servo.htm. Agosto 2011.

Figura 4. **Servomotor de posición**

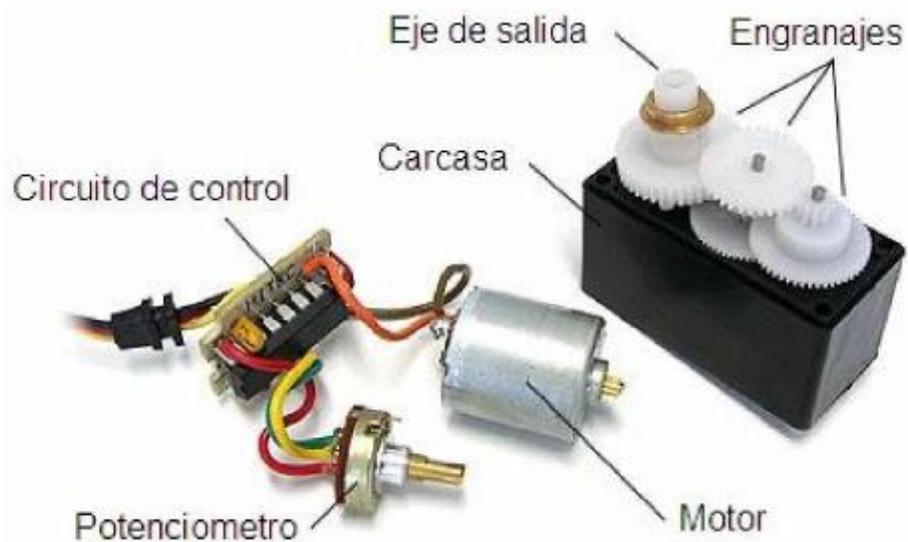


Fuente: http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_1/robotica/sistema/motores_servo.htm. Agosto 2011.

Se dice que el servo es un dispositivo con un eje de rendimiento controlado, ya que puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que exista una señal codificada en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia. En la práctica, se usan servos para posicionar elementos de control como palancas, pequeños ascensores y timones. También se usan en radio-control, marionetas y, por supuesto, en robots. Los servos son sumamente útiles en robótica. Los motores son pequeños.

Un motor como el de las imágenes superiores posee internamente una circuitería de control y es sumamente potente para su tamaño. Un servo normal o estándar como el HS-300 de Hitec proporciona un par de 3 kilogramos-centímetros a 4,8 voltios, lo cual es bastante para su tamaño, sin consumir mucha energía. La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cual es la corriente que consume. Eso no significa mucho si todos los servos van a estar moviéndose todo el tiempo. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado.

Figura 5. **Partes principales de un servomotor**



Fuente: El servomotor rev. 2009.

Figura 6. **Partes de un servomotor**



Fuente: El servomotor rev. 2009.

2.2.2. Trabajo del servomotor

El motor del servo tiene un circuito de control y un potenciómetro (una resistencia variable) está conectada al eje central del servomotor (mecánicamente ligado). En la figura No. 5 se puede observar dicho circuito.

Este potenciómetro permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servomotor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito verifica que el ángulo no es el correcto, el motor girará en la dirección adecuada hasta llegar al ángulo correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados, en algunos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante y modelo.

Un servo normal no es mecánicamente capaz de retornar a su lugar, si hay un mayor peso que el sugerido por las especificaciones del fabricante.

El voltaje aplicado al motor es proporcional a la distancia que éste necesita recorrer. Así, si el eje necesita regresar una distancia grande, el motor regresará a toda velocidad. Si este necesita regresar sólo una pequeña cantidad, el motor correrá a una velocidad más lenta. A esto se le llama control proporcional.

2.2.3. Tipos de servomotores

Los tipos de servomotores más comunes son los de corriente directa (o continua) con escobillas, conocidos como DC con escobillas, y los motores sin escobillas (*brushless*), de corriente alterna (AC) o directa (DC).

2.2.3.1. Servomotores de CD

Los servomotores de CD, son motores impulsados por una corriente que procede de amplificadores eléctricos de CD o CA con demoduladores internos o externos, reactores saturables, tiratrones o amplificadores rectificadores controlados de silicio.

Los servomotores de CD son de muchos tamaños, desde, 5 caballos de potencia hasta 1 000 caballos de potencia.

Las características fundamentales que se deben buscar en cualquier servomotor de CD o CA, son las siguientes:

- Que el par de salida del motor sea aproximadamente proporcional a su voltaje de control aplicado (desarrollado por el amplificador).
- Que la dirección del par éste determinada por la polaridad instantánea del voltaje de control.

Se usan cuatro tipos de servomotores de CD, que son los más importantes, los cuales son:

2.2.3.1.1. Servomotor de campo controlado

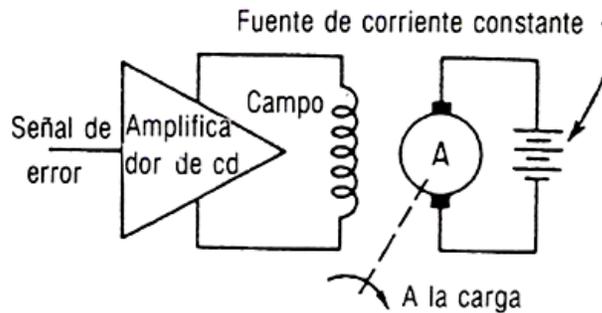
El par que produce este motor es cero cuando el amplificador de error de CD no le suministra excitación de campo.

Como la corriente de armadura es constante, el par varía directamente de acuerdo con el flujo del campo y también de acuerdo con la corriente de campo hasta la saturación.

Si se invierte la polaridad del campo, se invierte la dirección del motor. El control de la corriente del campo mediante este método se usa solo en servomotores muy pequeños, debido a que no es deseable suministrar una corriente de armadura grande y fija como la que se necesitaría para los servomotores de CD.

Otra de las razones de su uso en servomotores pequeños es el hecho de que su respuesta dinámica es más lenta que la del motor de armadura controlada, debido a la mayor constante de tiempo del circuito altamente inductivo del campo.

Figura 7. **Servomotor de CD de campo controlado**



Fuente: KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. p. 415.

2.2.3.1.2. Servomotor de armadura controlada

Este servomotor emplea una excitación de campo de CD fija que suministra una fuente de corriente constante. Este tipo de control, posee determinadas ventajas dinámicas que no tienen el método de control de campo.

Un cambio súbito en el voltaje de armadura que ocasiona una señal de error provocara una respuesta casi instantánea en el par debido a que el circuito de armadura es esencialmente resistivo en comparación con el circuito de campo altamente inductivo.

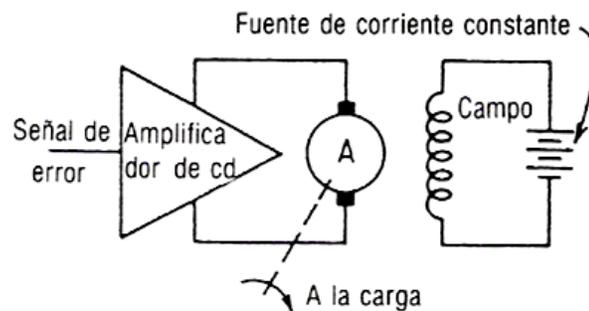
El campo de este motor se trabaja en forma normal bastante más allá del punto máximo de la curva de saturación, para mantener el par menos sensible a pequeños cambios en el voltaje de la fuente de corriente constante.

Además, un alto flujo en el campo aumenta la sensibilidad del motor al par para el mismo cambio pequeño de la corriente de armadura, representado de forma algebraica como:

$$T = k\Phi I_a$$

Los motores de CD hasta de 1 000 caballos de potencia se impulsan de este modo mediante control de voltaje de armadura. Si la señal de error y la polaridad del voltaje de armadura se invierten, el motor invierte su dirección.

Figura 8. **Servomotor de CD de armadura controlada**



Fuente: KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. p. 415.

2.2.3.1.3. Servomotor de CD de imán permanente

Este tipo de servomotor, mucho muy difundido, emplea imanes permanentes (ya sea de alnico o de cerámica) para tener excitación constante del campo, en oposición a una fuente constante de corriente de campo.

Se fabrica en general para 6 voltios y 28 voltios en tamaños fraccionarios y en 150 voltios para caballajes integrales hasta de 2 caballos de potencia.

La estructura del campo para este tipo de motor consiste en general de aleación alnico VI, vaciada o colada en forma de anillo circular que rodea completamente a la armadura y da un flujo fuerte y constante.

Los motores de imán permanente están bien compensados mediante devanados de conmutación para evitar la desmagnetización de los imanes de campo siempre que se invierte súbitamente el voltaje de corriente directa de armadura.

En estos motores, las corrientes parásitas y los efectos de la histéresis, en general son desdeñables y las zapatas polares son comúnmente laminadas para reducir el arqueo en las escobillas siempre que se tiene un cambio rápido del voltaje a la señal. Estos dispositivos también se controlan mediante la regulación del voltaje de armadura de igual manera que el motor derivación de armadura controlada mencionado anteriormente.

En este motor se usan dos modos de funcionamiento: de control de posición y de control de velocidad. Los que se usan para control de posición a veces se llaman “motores de par” debido a que se desarrollan para extremadamente altos en reposo o a bajas velocidades. A la inversa, a altas velocidades, ya que el par varía inversamente con la velocidad, dada en el sistema SI por:

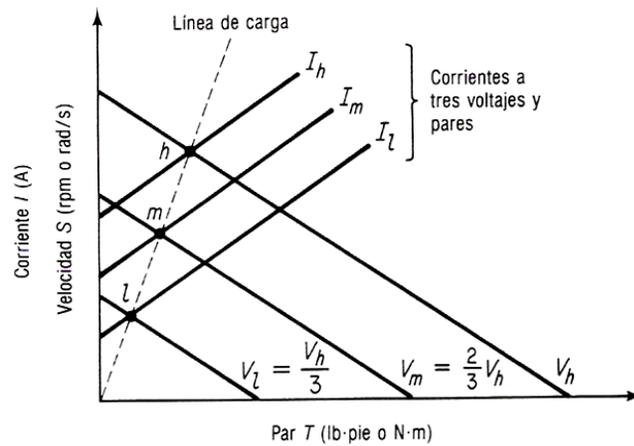
$$H_p = \frac{wT}{746} \longrightarrow \text{Hp.} \quad T_{SI} = \frac{P}{w} \longrightarrow \text{Nm.}$$

El par desarrollado es extremadamente pequeño. El par se desarrolla también en función del voltaje aplicado a la armadura.

La figura 9 muestra las curvas características de par (inverso)-velocidad para tres voltajes, bajo, medio y alto. Las curvas son muy lineales y el par varía en forma inversa con la velocidad. También se muestra la familia de corrientes que se toma del suministro de CD a voltajes aplicados bajos, medios y altos.

La línea de carga que se produce en las intersecciones de las curvas par-velocidad con las curvas corriente-par es una indicación de la velocidad del par y la corriente que se produce a voltajes bajos (l), medianos (m) y altos (h).

Figura 9. **Relaciones par-velocidad y par-corriente a tres voltajes de armadura distintos**

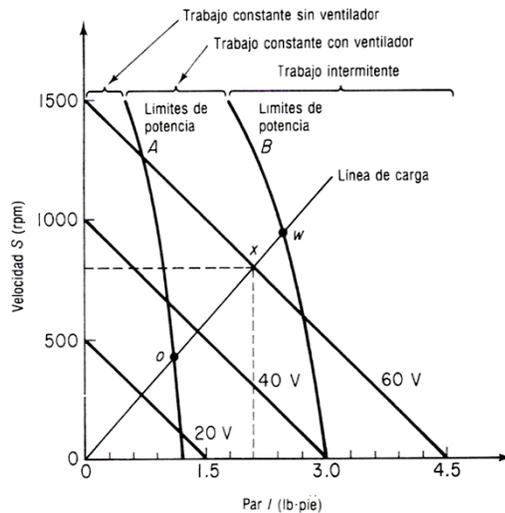


Fuente: KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. p. 416.

Cuando los servomotores de CD de imán permanente se usan en control de velocidad, trabajan en forma continua para mantener determinada velocidad predeterminada o deseada.

Puesto que $P = kTS$, siempre que sean relativamente pequeños las velocidades y los pares, la potencia que se desarrolla y la que se disipa son pequeñas.

Figura 10. **Relaciones par-velocidad y rangos de potencia para funcionamiento seguro, continuo e intermitente**



Fuente: KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. p. 417.

La figura anterior muestra las curvas par-velocidad para tres voltajes (bajo, medio y alto), así como las zonas de funcionamiento seguro del motor.

Estos servomotores son, por lo general, totalmente cerrados y tienen grandes tamaños de armazón para permitir una disipación adecuada de calor.

Dependiendo de la velocidad por controlar y de las necesidades de par de la carga que se impulsa, un motor también puede necesitar de un ventilador interconstruido para mejorar la disipación del calor y enfriar la armadura.

Las gráficas anteriores muestran también los límites de potencia para el funcionamiento seguro en trabajo continuo son enfriamiento de aire, cuando las necesidades de par son bastante bajas y la velocidad puede ser bastante alta.

Se usan también para mostrar la zona de trabajo intermitente, para la cual las necesidades de par son de moderadas a altas y el funcionamiento seguro con trabajo continuo con ventilador de aire de enfriamiento.

Se muestran dos líneas de límites de potencia (A y B) y representan al producto par-velocidad basado en la potencia nominal del motor, sin y con las ventajas de enfriamiento por aire. La línea de la carga representa la carga fija que debe acelerar el motor.

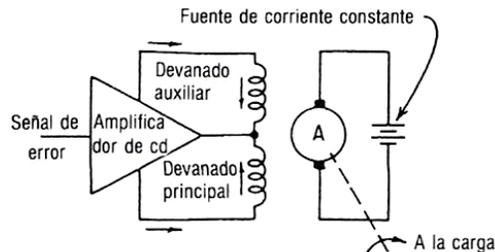
Como se demostró en las gráficas anteriores, el punto o representa la velocidad y el par máximo que pueda desarrollar el motor sin enfriamiento por aire para funcionamiento continuo sin sobrecalentarse.

El punto w representa la velocidad y el par máximo que puede desarrollar con ventilador de enfriamiento y en trabajo continuo.

2.2.3.1.4. Servomotores serie de campo dividido

Los motores pequeños de potencia fraccionaria de CD y campo dividido, se pueden hacer trabajar como motores con excitación separada y de campo controlado, como se muestra en la figura siguiente.

Figura 11. **Servomotor con excitación separada**



Fuente: KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. p. 420.

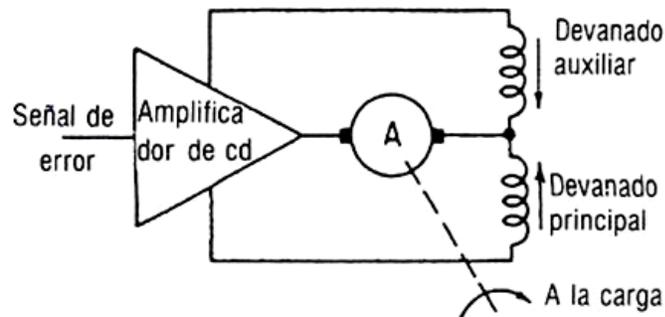
Un devanado se llama devanado principal y al otro devanado auxiliar, aunque ambos generan fuerza magneto-motriz y están devanados alrededor de los polos del campo en tal dirección que producen inversión de rotación entre sí.

Como se muestra en la figura anterior, los motores se pueden excitar por separado y se puede abastecer a la armadura con una fuente de corriente constante.

Las ventajas del campo dividido para controlar el campo radican en que la respuesta dinámica de la armadura se mejora, porque los campos siempre están excitados, y en que se obtiene un grado más exacto de control debido a que la dirección de rotación responde más a diferencia extremadamente pequeñas de corriente entre los devanados principal y auxiliar.

Los motores serie mayores se hacen funcionar empleando la configuración de la figura mostrada a continuación, porque es difícil obtener una excitación separada de armadura empleando grandes corrientes constantes.

Figura 12. **Servomotor con excitación directa**



Fuente: KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. p. 420.

En esta configuración, la corriente de armadura del motor serie de campo dividido es la suma de las corrientes por los devanados auxiliar y principal. Pero cuando estas corrientes del campo en serie son iguales y opuestas no se produce par.

Un pequeño aumento o disminución de la corriente en el devanado auxiliar producirá un par instantáneo en la dirección que le corresponda.

El servomotor serie produce un alto par de arranque y una rápida respuesta a pequeñas señales de error. La regulación de velocidad es mala en el caso de este motor, pero esta desventaja, en general, no es importante en un servosistema, porque la carga es usualmente fija.

El empleo de dos devanados en oposición reduce algo la eficiencia del motor, aunque con los motores pequeños lo anterior no es gran problema.

En general, los motores de CD “derivación” o “*shut*” y los de serie tienen mayor inercia en su rotor que los motores de CA, para determinada potencia en Hp, debido a los devanados más toscos de sus armaduras.

La resistencia adicional que resulta por la fricción de las escobillas hace que disminuya el empleo de motores de CD en servosistemas extremadamente pequeños y de instrumentos sensibles.

Las armaduras pequeñas también están en diagonal para reducir el fenómeno llamado “amarre de ranuras” a bajas velocidades. También la conmutación es problema con los servomotores de CD, aunque ayudan mucho los interpolos y devanados de compensación.

Sin embargo, a grandes altitudes, debido a la falta de oxígeno, la capa de óxido se puede raspar de las delgas, ocasionando fallas de conmutación. Se han desarrollado servomotores pequeños herméticamente sellados para superar este problema en particular.

Se presentan peores problemas de conmutación debido al hecho de que los motores trabajan la mayor parte del tiempo desde posiciones de reposo o casi de reposo (nulas) y pasan altas corrientes a las delgas o segmentos del conmutador.

Además, el arqueado en cualquier motor de conmutador produce radiación y radiointerferencia. Finalmente, las escobillas necesitan mantenimiento periódico.

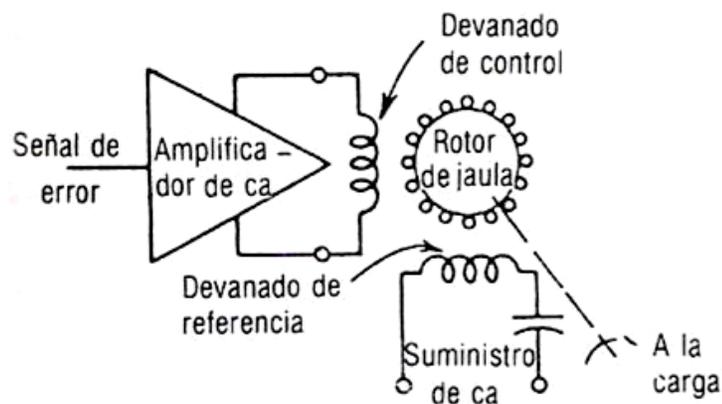
Por todas las razones que se han descrito con anterioridad, la mayor parte de los motores más pequeños que se usan en los servomecanismos son del tipo de motor de inducción de CA bifásico o de polo sombreado, del tipo de CD sin escobillas, o bien del tipo de motor de pasos.

2.2.3.2. Servomotores de CA

Junto con los motores de paso pequeños de CD, la mayor parte de los servomotores más pequeños de CA son del tipo de motor bifásico de inducción de polo sombreado.

La siguiente figura muestra el diagrama esquemático del servomotor bifásico. Este motor es un motor bifásico verdadero, con dos devanados de estator desplazados a 90 grados en el espacio.

Figura 13. Servomotor bifásico



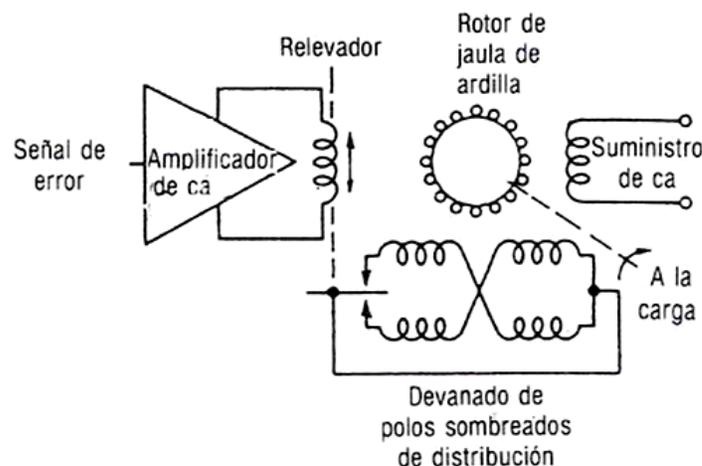
Fuente: KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. p. 429.

El devanado de referencia es constante y por lo general se excita mediante un capacitor por el suministro fijo de CA. Una pequeña señal de error de determinada polaridad instantánea con respecto al devanado de referencia se amplifica y se envía o alimenta al devanado de control.

Se produce la rotación del motor en una dirección tal que reduce la señal de error y el motor cesa de girar cuando se produce una señal nula en el devanado de control.

El servomotor de polos sombreados, mostrado a continuación, emplea un relevador sensible a la fase, para accionar aquellos contactos que producen un corto circuito del devanado del polo sombreado, para desarrollar rotación en la dirección deseada.

Figura 14. **Servomotor de polos sombreados**



Fuente: KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. p. 429.

Como con todos los devanados de polos sombreados, se conecta un devanado monofásico de campo de CA con el suministro de CA. En presencia de una señal de error suficiente para accionar el relevador, se pone en corto circuito un par de devanados de polo sombreado; gracias a ello el servomotor gira hasta que se produce el cero, en el cual se sale el relevador, y se detiene el motor.

Una señal de error de polaridad opuesta accionara el relevador sensible a la fase poniendo en cortocircuito otro par de devanados, originando la rotación del servomotor en dirección inversa.

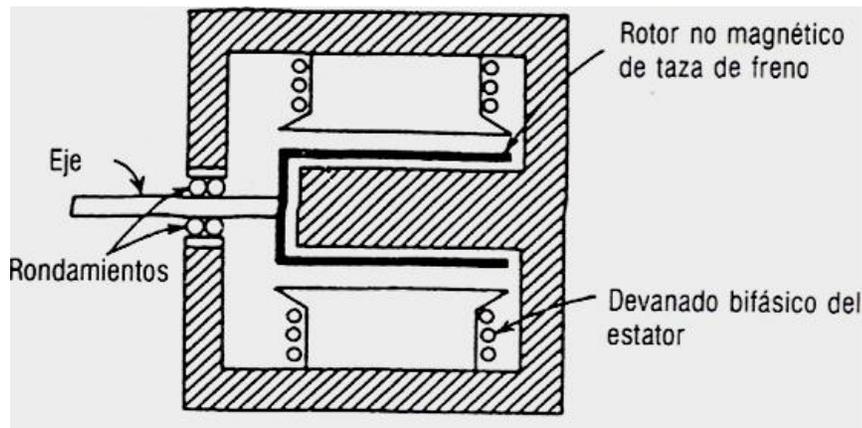
Es bastante evidente que el diseño del motor bifásico de la figura anterior es el mejor de los dos tipos, porque es capaz de responder a señales pequeñas de error.

Un servomotor de polos sombreados solo responderá cuando la señal amplificada de error sea de la magnitud suficiente para hacer que trabaje el relevador.

La respuesta del servomotor bifásico a señales de control muy pequeñas se mejora todavía más si se reduce el peso y la inercia del motor, en un diseño que se conoce como “servomotor de taza de freno” o “copa de freno”.

En la siguiente figura se muestran estos servomotores de CA de bajo par, que se prestan muy bien para los servosistemas de instrumentación de CA.

Figura 15. **Servomotor de taza de freno**



Fuente: KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. p. 430.

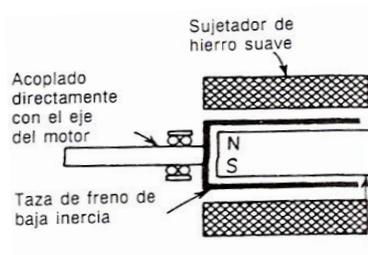
Como todo el hierro del circuito magnético es estacionario, el rotor consiste solo de una caja cilíndrica delgada de cobre o latón, y su eje se sujeta con un rodamiento único. Debido a su baja inercia, el motor de taza de freno es capaz, por lo tanto, de ponerse en marcha hasta cuando se apliquen señales extremadamente pequeñas a su devanado de control.

El principio de la taza de freno se usa también para amortiguar o desacelerar los servomotores de CD y CA para que puedan detenerse en forma instantánea cuando la señal de error es nula; de este modo reduce el penduleo o el sobretiro exagerado siempre que se tenga una señal de error.

Como se observa en la siguiente figura, se acopla al motor una taza de freno de bajo peso y baja inercia. Esta tasa rodea a un imán permanente, y a su vez, está rodeada por sujetadores de hierro suave para preservar la retentividad del imán permanente.

Cualquier cambio en la velocidad, es decir, arranque, paro o reversa, produce una acción de amortiguación. Las ventajas de este método de amortiguamiento son su larga vida y resistencia al desgaste.

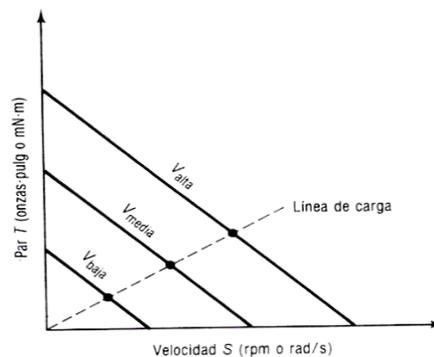
Figura 16. **Amortiguador magnético de taza**



Fuente: KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. p. 430.

Las características par-velocidad del servomotor bifásico se muestran en la siguiente figura; tanto el par como la velocidad son funciones de la magnitud de la señal amplificada del voltaje de error que se aplica al devanado de control.

Figura 17. **Curvas características par-velocidad del servomotor de CA**



Fuente: KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. p. 431.

Los voltajes mayores de señal de error producen pares correspondientemente mayores. Cuando se reduce en forma gradual el error, se reduce en forma correspondiente el voltaje de error para determinada carga, produciéndose una reducción tanto en velocidad como en par a medida que el motor se acerca a su posición nula.

Puesto que el devanado de referencia del servomotor bifásico se energiza en forma continua, los voltajes mayores de señal de error pueden abrir la posibilidad de hacer que el motor pase a monofásico, aun cuando el voltaje de la señal de error tienda a reducirse a lo largo de la línea de carga que aparece en la figura anterior.

La fase de las señales de error que se aplican al devanado de referencia en el servomotor bifásico determina la dirección de rotación, para que se produzca un nulo, o cero, y se reduzca a cero la señal de error. En consecuencia, el servomotor bifásico es sensible tanto a la fase como al voltaje.

2.2.4. Drivers

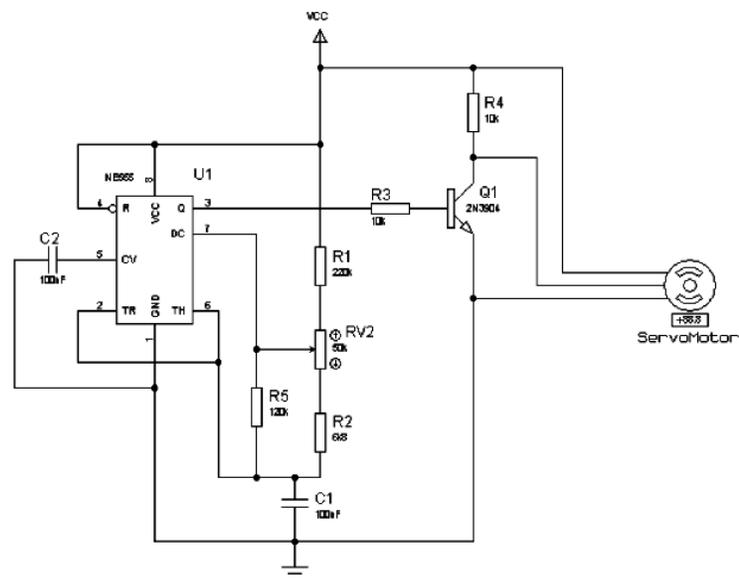
Es un circuito muy sencillo y puede usarse para probar y/o usar los servomotores. Como fin didáctico, se puede verificar con exactitud (por ejemplo con un osciloscopio) el ancho de los pulsos requeridos por un servomotor "X" en particular para poder programar un micro controlador.

Figura 18. **Driver**



Fuente: El servomotor rev. 2009.

Figura 19. **Circuito común del driver**



Fuente: El servomotor rev. 2009.

2.2.5. Variadores

Un variador de CA es un dispositivo utilizado para controlar la velocidad de rotación de un motor CA o de inducción. Este tipo de motores también se conocen como motores asíncronos o en jaula de ardilla.

La velocidad de rotación del motor se rige por la frecuencia de la corriente de alimentación aplicada. Por lo tanto, la mejor manera de controlar la velocidad del motor consiste en controlar la frecuencia de corriente aplicada.

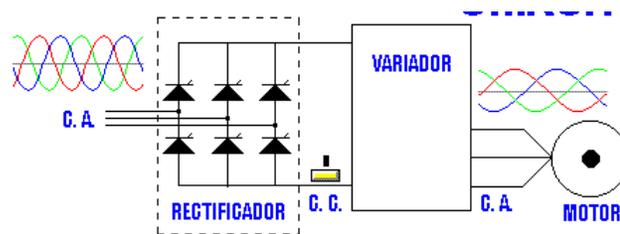
$$\text{Velocidad} = (120 \times f) / P$$

Donde f = frecuencia y p = número de polos.

Además de cambiar la frecuencia, el variador también varía el voltaje aplicado al motor para asegurar que existe el par necesario en el eje del motor sin que surjan problemas de sobrecalentamiento.

A continuación figura un diagrama de los principales bloques de un variador:

Figura 20. **Diagrama de los principales bloques de un variador**



Fuente: REITEC.

2.2.5.1. Rectificador

Esta parte incluye 4 ó 6 diodos, en función de si se trata de un variador de entrada monofásico o trifásico, que rectifican la frecuencia fijada del voltaje de entrada que se suministra al enlace de corriente continua.

2.2.5.2. Enlace de corriente continua

Esta parte está integrada por condensadores que almacenan el voltaje del rectificador que se utiliza en la fase inversora del variador. El voltaje existente puede alcanzar los 800 voltios en corriente continua, por lo que debe extremarse la precaución y no tocar ningún componente de esta parte. Esta área también sirve para absorber el exceso de energía del proceso de regeneración, término que se emplea para describir la energía que "genera" el motor cuando se detiene de forma precipitada una carga con un momento de inercia muy elevado. Si se desean obtener altos niveles de frenado se precisan transistores y resistencias adecuados.

2.2.5.3. Variador

El variador contiene seis transistores empleados a modo de conmutadores que reconstituyen el enlace de corriente continua en un patrón de frecuencia y voltaje variables para controlar el motor de corriente alterna. El sistema más empleado para ello es la modulación de la duración de los pulsos (PWM).

2.2.5.4. Circuito de control

En esta parte se utiliza la información del usuario, como la velocidad definida, para controlar las funciones del variador y generar la velocidad y el par necesarios para el eje del motor. El circuito de control también sirve para proteger el variador en determinadas situaciones y para proporcionar al usuario información sobre el estado del variador.

Si se controlan la frecuencia y el voltaje aplicados con precisión, el usuario puede estar seguro de conseguir un buen rendimiento del proceso y del producto. En los últimos años se han logrado importantes avances en esta área, avances como los variadores de control vectorial de flujo en lazo abierto y en lazo cerrado, descritos más adelante.

2.2.6. Panel View

Es un panel, terminal o pantalla, donde se visualizan los distintos valores de las variables que se le asignan a un sistema automatizado.

2.2.6.1. Tipos de terminales

Los terminales *Panel View* se presentan con una amplia gama de opciones.

- Tipo y tamaño de la pantalla (monocroma, en escala de grises o en color)
- Entrada del operador (pantalla táctil o teclado)
- Puerto de comunicación (DH-485, RS-232, E/S remotas, DH+, ControlNet, DeviceNet, Ethernet, DF1)
- Compatibilidad con puerto RS-232 de impresora

Además, algunos terminales ofrecen:

- Alimentación eléctrica de corriente alterna o corriente continua (L1 al final del número de catálogo indica un terminal de corriente continua; por ejemplo, 2711-B5A1L1 ó -T9C1L1).
- Bisel de acero inoxidable disponible en terminales *Panel View* 550 de teclado o terminales de teclado y pantalla táctil.

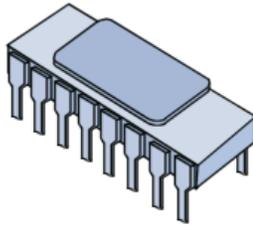
2.2.6.1.1. Terminales en color y escala de grises

Los terminales en color admiten una paleta fija de 16 colores EGA estándar. Los terminales electroluminiscentes (de escala de grises) admiten una paleta fija de 4 colores (tonos de amarillo). Todos los colores de la aplicación se definen en el momento de crearla. Los colores no se pueden seleccionar en el terminal.

2.2.7. Procesador

El procesador (CPU, por *Central Processing Unit* o Unidad Central de Procesamiento), es por decirlo de alguna manera, el cerebro del sistema. Permite el procesamiento de información numérica, es decir, información ingresada en formato binario, así como la ejecución de instrucciones almacenadas en la memoria.

Figura 21. **Procesador**



Fuente: <http://es.kioskea.net/contents/pc/processeur.php3>. Agosto 2011.

2.2.7.1. Funcionamiento

El procesador es un circuito electrónico que funciona a la velocidad de un reloj interno, gracias a un cristal de cuarzo que, sometido a una corriente eléctrica, envía pulsos, denominados "picos". La velocidad de reloj (también denominada ciclo), corresponde al número de pulsos por segundo, expresados en Hertz (Hz). De este modo, un ordenador de 200 megahertz posee un reloj que envía 200 000 000 pulsos por segundo. Por lo general, la frecuencia de reloj es un múltiplo de la frecuencia del sistema (FSB, *Front-Side Bus* o Bus de la Parte Frontal), es decir, un múltiplo de la frecuencia de la placa madre.

Con cada pico de reloj, el procesador ejecuta una acción que corresponde a su vez a una instrucción o bien a una parte de ella. La medida CPI (*Cycles Per Instruction* o Ciclos por Instrucción) representa el número promedio de ciclos de reloj necesarios para que el microprocesador ejecute una instrucción. En consecuencia, la potencia del microprocesador puede caracterizarse por el número de instrucciones por segundo que es capaz de procesar. Los MIPS (*millions of instructions per second* o millones de instrucciones por segundo) son las unidades que se utilizan, y corresponden a la frecuencia del procesador dividida por el número de CPI.

2.2.7.2. Instrucciones

Una instrucción es una operación elemental que el procesador puede cumplir. Las instrucciones se almacenan en la memoria principal, esperando ser tratadas por el procesador. Las instrucciones poseen dos campos:

- El código de operación, que representa la acción que el procesador debe ejecutar.
- El código operando, que define los parámetros de la acción. El código operando depende a su vez de la operación. Puede tratarse tanto de información como de una dirección de memoria.

El número de *bits* en una instrucción varía de acuerdo al tipo de información (entre 1 y 4 *bytes* de 8 *bits*).

Las instrucciones pueden agruparse en distintas categorías. A continuación presentamos algunas de las más importantes:

- Acceso a memoria: acceso a la memoria o transferencia de información entre registros.
- Operaciones aritméticas: operaciones tales como suma, resta, división o multiplicación.
- Operaciones lógicas: operaciones tales como Y, O, NO, NO EXCLUSIVO, etc.
- Control: controles de secuencia, conexiones condicionales, etc.

2.2.7.3. Registros

Cuando el procesador ejecuta instrucciones, la información almacena en forma temporal en pequeñas ubicaciones de memoria local de 8, 16, 32 ó 64 *bits*, denominadas registros. Dependiendo del tipo de procesador, el número total de registros puede variar de 10 a varios cientos.

Los registros más importantes son:

- El registro acumulador, que almacena los resultados de las operaciones aritméticas y lógicas.
- El registro de estado (PSW, *Processor Status Word* o Palabra de Estado del Procesador), que contiene los indicadores de estado del sistema (lleva dígitos, desbordamientos, etc.).
- El registro de instrucción, que contiene la instrucción que está siendo procesada actualmente.
- El contador ordinal (*Program Counter*, Contador de Programa), que contiene la dirección de la siguiente instrucción a procesar.
- El registro del búfer, que almacena información en forma temporal desde la memoria.

2.2.7.4. Señales de control

Las señales de control son señales electrónicas que orquestan las diversas unidades del procesador que participan en la ejecución de una instrucción. Dichas señales se envían utilizando un elemento denominado secuenciador. Por ejemplo, la señal Leer/Escribir permite que la memoria se entere de que el procesador desea leer o escribir información.

2.2.7.5. Unidades funcionales

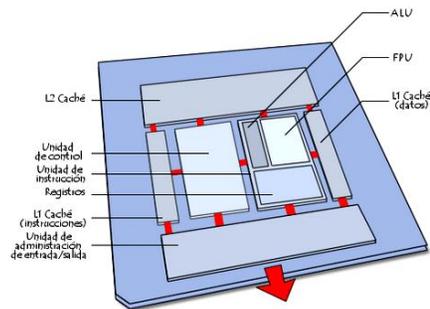
El procesador se compone de un grupo de unidades interrelacionadas (o unidades de control). Aunque la arquitectura del microprocesador varía considerablemente de un diseño a otro, los elementos principales del microprocesador son los siguientes:

- Una unidad de control que vincula la información entrante para luego decodificarla y enviarla a la unidad de ejecución. La unidad de control se compone de los siguientes elementos:
- Secuenciador (o unidad lógica y de supervisión): que sincroniza la ejecución de la instrucción con la velocidad de reloj. También envía señales de control.
- Contador ordinal: que contiene la dirección de la instrucción que se está ejecutando actualmente.
- Registro de instrucción: que contiene la instrucción siguiente.

- Una unidad de ejecución (o unidad de procesamiento), que cumple las tareas que le asigna la unidad de instrucción. La unidad de ejecución se compone de los siguientes elementos:
- La unidad aritmética lógica (se escribe ALU): sirve para la ejecución de cálculos aritméticos básicos y funciones lógicas (Y, O, O EXCLUSIVO, etc.).
- La unidad de punto flotante (se escribe FPU): que ejecuta cálculos complejos parciales que la unidad aritmética lógica no puede realizar.
- El registro de estado.
- El registro acumulador.
- Una unidad de administración del bus (o unidad de entrada-salida) que administra el flujo de información entrante y saliente, y que se encuentra interconectado con el sistema RAM.

El siguiente diagrama suministra una representación simplificada de los elementos que componen el procesador (la distribución física de los elementos es diferente a la disposición):

Figura 22. Elementos que componen un procesador



Fuente: <http://es.kioskea.net/contents/pc/processeur.php3>. Agosto 2011.

2.2.7.6. Tipos de procesadores

Cada tipo de procesador posee su propio conjunto de instrucciones. Los procesadores se agrupan en las siguientes familias, de acuerdo con sus conjuntos de instrucciones exclusivos:

- 80x86: la "x" representa la familia. Se hace mención a 386, 486, 586, 686, etc.
- ARM
- IA-64
- MIPS
- Motorola 6800
- PowerPC
- SPARC

2.3. Ubicación ideal del sistema de servomotores

Los sistemas de servomotores por el tipo de trabajo que realizan generan calor. Si son instalados en un tablero de control, asegure suficiente espacio alrededor del sistema para permitir la disipación de calor.

Prestar especial atención a la vibración de los equipos y verificar si la vibración ha afectado los dispositivos eléctricos del tablero de control. Cuando se seleccione una ubicación de montaje, se deben respetar las siguientes precauciones:

- No montar el servomotor adyacente a los elementos radiadores del calor o expuestos a la luz solar directa.
- No montar el servomotor en una ubicación sometida a gases o líquidos corrosivos, o a polvo o partículas metálicas arrastrados por el aire.
- No montar el servomotor en una ubicación en la que las temperaturas y la humedad excedan la especificación.
- No montar el servomotor en una ubicación en la que las vibraciones y los impactos excedan la especificación.
- No montar el servomotor en una ubicación en la que esté sometido a altos niveles de radiación electromagnética.

2.4. Empacadora servocontrolada

Una empacadora servocontrolada, es una máquina que combina sistemas mecánicos, neumáticos y electrónicos para la producción elevada de empaques. Además, permite adaptar equipos para mejorar la presentación y calidad del producto como son codificadores o impresoras, detectores de metales, elevadores, cintas transportadoras, etc.

Las empacadoras servocontroladas necesitan la asistencia de un operador, únicamente para el control de la máquina, reduciendo así los costos por mano de obra. Estas máquinas son ideales para las plantas panificadoras ya que ellas necesitan un elevado volumen de producción de empaques en el menor tiempo posible.

La mayoría de las máquinas empacadoras en una planta panificadora utilizadas en el área de galletería, están diseñadas, bajo los principios de bajos costos, las cuales son máquinas con una gran capacidad de producción, todas estas máquinas cuentan con los diferentes sistemas que realizan cada una de las funciones necesarias para los procesos de envoltura de las diferentes presentaciones de galletas que son fabricadas en la planta.

Para las empacadoras servocontroladas, una parte importante es lo que se llama Control de Movimiento, ya que un servomotor puede programado para que opere 360 grados, o bien, podemos programarlo para que gire 25 grados en dirección de las manecillas del reloj y luego que regrese hasta -15 grados de su posición anterior. Este es el control más preciso que existe en la industria y es por eso que las máquinas empacadoras están tendiendo a tener estos equipos en su sistema de operación.

Las máquinas empacadoras podemos encontrarlas en la industria en dos tipos:

- Empacadora tipo vertical
- Empacadora tipo horizontal

2.4.1. Empacadora tipo vertical

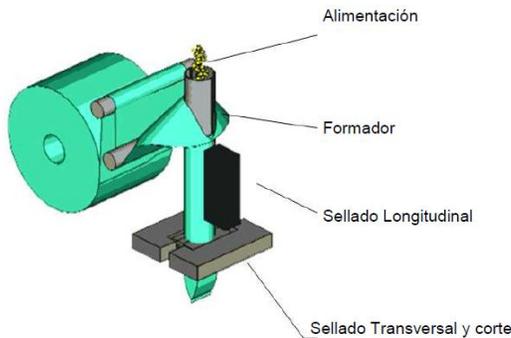
El término vertical indica la dirección principal de avance del material durante la confección del empaque. Comúnmente este tipo de máquina es usada para empacar granos o polvos, ya que se aprovecha la caída del producto para alimentar las fundas.

Las empacadoras verticales se construyen para empaques de tres costuras y para cuatro costuras.

2.4.1.1. Empacadoras verticales de tres costuras

Este tipo de empacadoras sellan el material realizando tres costuras, dos horizontales y una vertical. El material de empaque se alimenta desde la bobina hasta el formador donde se genera un tupo continuo que es sellado longitudinalmente. Este tubo continuo es arrastrado por un mecanismo de corte. Mientras se está sellando el fondo de la bolsa se introduce el producto a empacar y una vez hecha la dosificación, la máquina vuelve a arrastrar el material para formar otro empaque.

Figura 23. **Partes de una empacadora vertical para empaques de tres costuras**



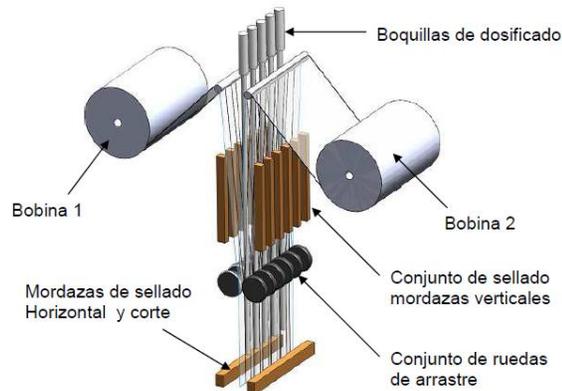
Fuente: www.atc-ltd.co.uk/industrial.htm. Agosto 2011.

2.4.1.2. Empacadoras verticales de cuatro costuras

Fueron diseñadas para empaque de dosis pequeña de productos líquidos o pastosos, cuya particularidad es la de poseer una gran superficie para identificación de producto, a la vez una baja capacidad de volumen.

El sistema de funcionamiento de las empacadoras de cuatro costuras es muy sencillo. Dos bobinas de materiales de empaque se colocan una frente de otra, mientras el material está parado se produce el sellado longitudinal por conjunto de mordazas verticales, formándose varios tubos continuos. Luego el material es arrastrado por unas ruedas vulcanizadas hacia unas cuchillas que cortan el material longitudinal justo en medio del sellado, en este momento se tiene las dos costuras verticales de cada empaque. Luego se produce el sellado horizontal superior de una bolsa e inferior de la siguiente, momento en que el producto a empaquetar ingresa a través de un tubo o boquilla colocado para cada empaque. Una vez terminada la dosificación del producto, las ruedas de arrastre traccionan el material nuevamente repitiéndose el proceso.

Figura 24. **Partes de una empacadora vertical para empaques de cuatro costuras**



Fuente: www.atc-ltd.co.uk/industrial.htm. Agosto 2011.

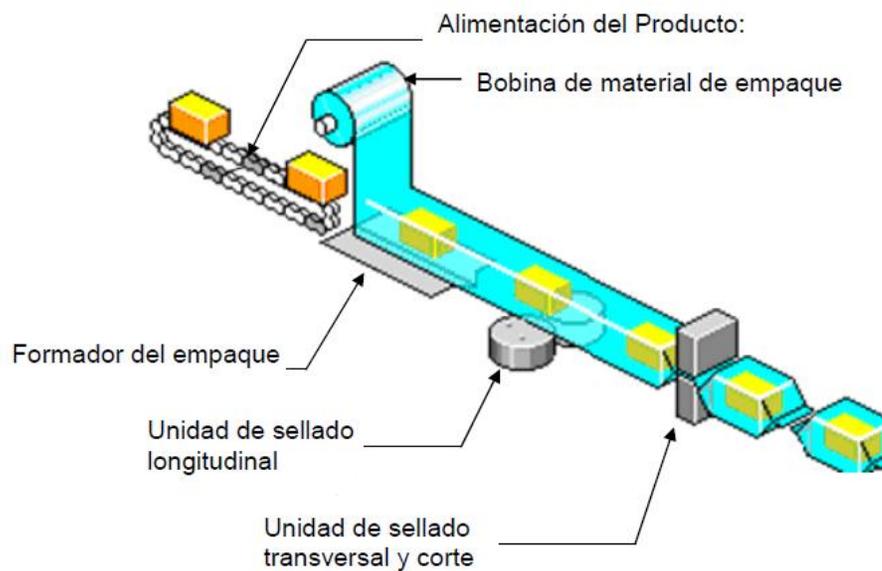
2.4.2. **Empacadora tipo horizontal**

Las máquinas horizontales (*Flow-Pack*) deben su nombre a como se desarrolla el proceso de empaque del producto: la máquina crea un tubo de plástico partiendo de una lámina flexible y el producto lo atraviesa hasta alcanzar una mordaza que delimitara el principio y el final del empaque.

Desde un eje porta bobina el material flexible que puede ser polipropileno, o un material complejo según las exigencias, pasa a través de un túnel conformador y se suelta mediante unas ruedas de sellado, a la vez que el producto a empacar viene empujado por unas paletas distanciadas hasta alcanzar el tubo de plástico que se ha formado. Siendo las paletas coordinadas con el cierre de una mordaza giratoria puesta longitudinalmente respecto al avance del film, el producto queda empaquetado en un paquete delimitado al principio y al final por la acción de la mordaza y a lo largo por la acción de las ruedas de sellado.

Las empacadoras del tipo horizontal son usadas para empacar comúnmente productos formados en una sola pieza de dimensiones no muy grandes, que requieren cadencias altas y lotes homogéneos, como barras de chocolate, tarjetas telefónicas, galletas, jabones, helados, etc.

Figura 25. **Partes de una empacadora tipo horizontal**



Fuente: www.atc-ltd.co.uk/industrial.htm. Agosto 2011.

2.4.3. Equipos elementales

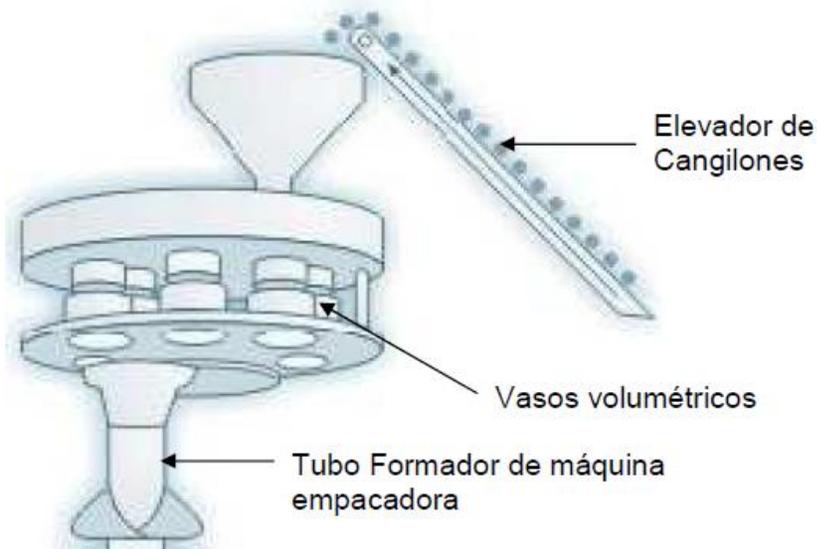
Su construcción completamente en acero inoxidable y con un alto nivel de protección contra la humedad, así como su diseño con equipos desmontables para facilitar su mantenimiento e higienización. Estos equipos son:

2.4.3.1. Sistema de dosificación

El dosificador en una empacadora es el encargado de suministrar la dosis justa del producto. Se tienen diferentes tipos de dosificadores:

- Volumétrico: estos dosificadores se pueden usar para trabajos de forma semiautomática o directamente colocados en envasadoras automáticas, su uso es muy recomendable para polvos de fácil deslizamiento, granos, etc. Se construyen en varios tamaños y modelos con cámaras de acero inoxidable y de capacidad regulable.

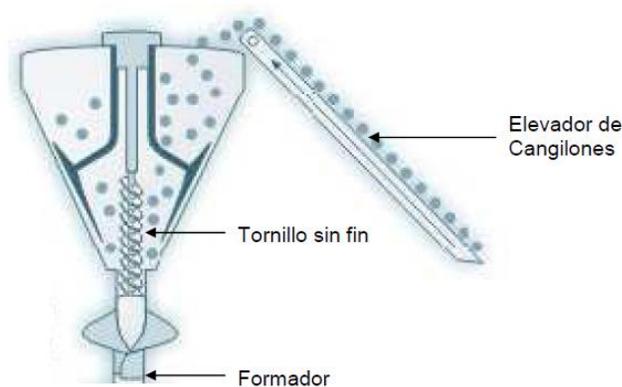
Figura 26. **Dosificador volumétrico de plato giratorio**



Fuente: www.vescovoweb.com/trescosturas.htm. Agosto 2011.

- Tornillo sin fin: estos equipos son ideales para dosificar polvos de difícil deslizamiento. Un tornillo sin fin es el encargado de la dosificación y un removedor de giro independiente a este, evita la aglomeración del producto. Generalmente se construyen en acero inoxidable.

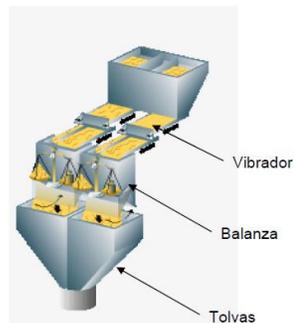
Figura 27. **Dosificador de tornillo**



Fuente: www.vescovoweb.com/trescosturas.htm. Agosto 2011.

- Por pasaje: estos dosificadores son ideales para trabajar con cualquier producto sólido, polvo, o *snack* de formas irregulares. Poseen alimentador a la celda de carga de forma vibratoria, lo que evita la rotura del producto. El control del peso se realiza de forma digital, pudiendo realizar dosificaciones de alta precisión. Estos dosificadores son utilizados en las envasadoras automáticas en configuración de varios cabezales o para realizar pequeñas producciones de forma semiautomática.

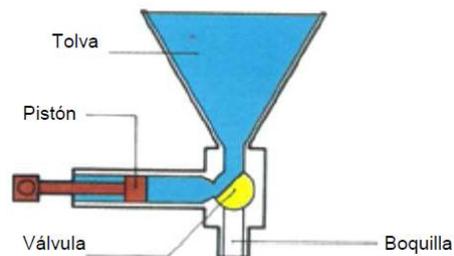
Figura 28. **Dosificador por pesaje de dos cabezales**



Fuente: <http://www.icaspa.it/spagnolo/more007.htm>. Agosto 2011.

- Volumétrico, por pistón neumático: este dosificador es fabricado para trabajar con productos líquidos, semilíquidos, cremas, mermeladas, grasas, etc. El sistema básicamente está compuesto por un pistón de cámara regulable en su capacidad, que son impulsadas por el movimiento de un cilindro neumático, una válvula y una boquilla. Se fabrican en acero inoxidable y como los demás dosificadores se puede colocar en envasadoras automáticas o se pueden utilizar de forma semiautomática en pequeñas producciones.

Figura 29. **Dosificador volumétrico por pistón para líquidos**



Fuente: www.postpacksl.com. Agosto 2011.

2.4.3.2. Sistema de sellado

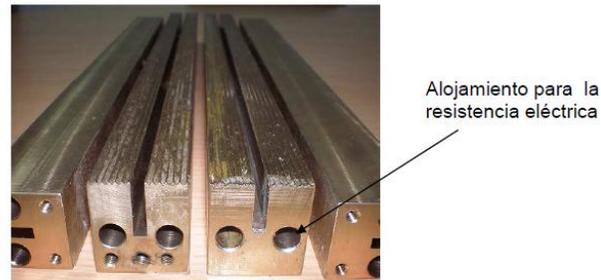
Existen varios sistemas que utilizan calor y presión para efectuar el sellado de películas plásticas, los más usados son los que funcionan con resistencias eléctricas como fuentes de calor, sin embargo, la ultra frecuencia y el aire caliente también son usados para este fin.

El sistema de ultra frecuencia o métodos dieléctricos son usados para sellar materiales como el cloruro de polivinilo (pvc) y su funcionamiento consiste en colocar el termoplástico entre dos electrodos usándolo a manera de dieléctrico. Cuando un material como el pvc es expuesto a corrientes de alta frecuencia la fricción entre las moléculas que se trasladan de un lado a otro respondiendo al campo magnético producen el calor suficiente para fundir y sellar la película.

El soldado por gas caliente es el método de unir materiales plásticos en donde estos son calentados por un chorro de aire o gas inerte que es previamente calentado.

El método de “mordaza caliente” produce la unión de los materiales plásticos por presión y aporte de calor, aquí la temperatura es controlada durante todo el proceso utilizando resistencias eléctricas montadas dentro o fuera de una mordaza que se fabrica de un buen conductor térmico, la temperatura es medida por un termopar conectado a esta y el suministro de corriente controlado por algún instrumento (pirómetro). Este tipo de sellado es ideal para materiales plásticos como el polipropileno.

Figura 30. **Mordazas para sellado por temperatura constante**



Fuente: www.asso-forming.com. Agosto 2011.

Otro sistema usado para el sellado por aporte de calor es el denominado de impulso en donde la temperatura no permanece constante en la mordaza, en realidad esta no se calienta en sí, lo que sella es una resistencia del tipo banda que puede ser plana o circular (ver figura), sólo es calentada en una porción de tiempo pequeña del ciclo de sellado.

El control de la temperatura de las niquelinas se logra regulando el período de impulso de la corriente por medio de una temporizador (*timer*) electrónico y regulando el voltaje suministrado.

El sellado por impulso permite remover el calor rápidamente después de que el sello se ha producido. La unión es más resistente y tiene una apariencia más homogénea.

Figura 31. **Niquelinas para sellado por impulsos**



Fuente: www.tossheatseal.com/supplies.html. Agosto 2011.

Finalmente, el sistema más utilizado para obtener una unión del tipo sello-corte es el denominado cuchilla caliente, con este sistema la unión se hace fundiendo completamente los extremos de la bolsa mediante una mordaza afilada que por ser delgada y estar elevada a altas temperaturas (300 – 400 grados centígrados) atravesará la película cortándola y separándola a la vez que ha sido sellada, al observar este sello veremos una que pequeña contracción del material ocurre por efecto del calor sobre la película y en muchos de los casos esto determina la resistencia del sello.

2.4.3.3. Banda transportadora

Se controla con un motor de velocidad ajustable para acomodar la puesta de los productos a empacar. La banda sirve para desplazar los productos hacia el túnel de empaque.

2.4.3.4. Bobina de aportación

Soporte y sujeción de la bobina de empaque mediante dos rodillos que servirán de base para que gire sin problemas y dos barras laterales que ajustan la bobina.

El material de empaque pasa a través de un sistema de tensores para mantener siempre constante la tensión del empaque y que este se desarrolle sin problemas. Este sistema es totalmente mecánico y su ajuste también.

2.4.4. Tipos de comunicación

En las máquinas empacadoras modernas, una adecuada comunicación y sincronización de los diferentes sistemas permite que se obtenga una gran capacidad de producción, es por este motivo que existen diferentes tipos de comunicación dentro de las máquinas destinadas a la producción. Estas pueden ser:

2.4.4.1. Comunicación analógica

Este tipo de comunicación se refiere a las magnitudes o valores que varían con el tiempo en forma continua (distancia, temperatura, velocidad, voltaje, frecuencia, amperaje, amplitud, etc.) y pueden representarse en forma de ondas.

2.4.4.2. Comunicación digital

Consiste en transmitir información mediante la combinación de signos-arbitrarios, convencionales, que no guardan semejanza alguna con las ideas u objetos que representan (referentes). Los computadores electrónicos también trabajan con códigos digitales, binarios, pues substituyen los mensajes por perforaciones en determinados lugares de unas tarjetas o por impresiones magnéticas en cintas.

El objetivo principal de cualquier sistema de comunicación de datos es ser capaz de tomar el mensaje generado por el emisor, transmitirlo por la línea y que llegue al receptor de la forma más parecida a como fue emitido, es decir, con el menor número de errores posible.

Esta regla es la que trata de seguir tanto los sistemas digitales como los analógicos, no obstante existen algunas diferencias entre ellos:

- Los sistemas analógicos son más sencillos de implementar porque se actúa menos sobre la señal que se quiere transmitir.
- Los sistemas digitales, realizan labores de compactación y encriptación de la información, lo que hace que sea necesario el uso de más circuitos en el caso de las comunicaciones digitales.
- En las comunicaciones digitales se trata de escoger formas para las señales que se adecuen al medio por donde van a ser transmitidas, lo que hace que el efecto del ruido durante la transmisión sea mucho menor.

Resumiendo, a pesar de que las comunicaciones analógicas son más sencillas, las digitales proporcionan una calidad y fiabilidad mucho mayor. Su único inconveniente es la complejidad de los equipos, pero a medida que pasa el tiempo, los costos se reducen y su implantación en todo el ámbito de las comunicaciones es imparable.

2.4.5. Características de una comunicación

Cuando se plantea el diseño de un sistema de comunicaciones entre equipos hay ciertas características que influyen:

- Lograr reducir tiempos y esfuerzos
- Aumentar la velocidad de entrega de la información recibida o recolectada
- Aumentar la calidad y cantidad de la información
- Aumentar la capacidad de las empresas en la producción

2.4.6. Control de las máquinas empacadoras

En las empacadoras, el mando combinado a base de la electrónica y neumática representa una nueva posibilidad de elección, además del mando neumático puro. Lo eléctrico se utiliza en la parte de la información para la transición y proceso de las señales. La neumática se emplea en la parte energética para la amplificación y el trabajo propiamente considerado. Este control reemplaza a los antiguos mecanismo de levas.

La utilización de accionamientos neumáticos en la mayoría de los movimientos simplifica el mantenimiento, ya que reduce al mínimo la cantidad de mecanismos que sufren desgaste. Además, la utilización de componentes estándar para su fabricación, fáciles de conseguir en el mercado nacional e internacional a un costo moderado, evita que el usuario deba recurrir al fabricante para la provisión de repuestos.

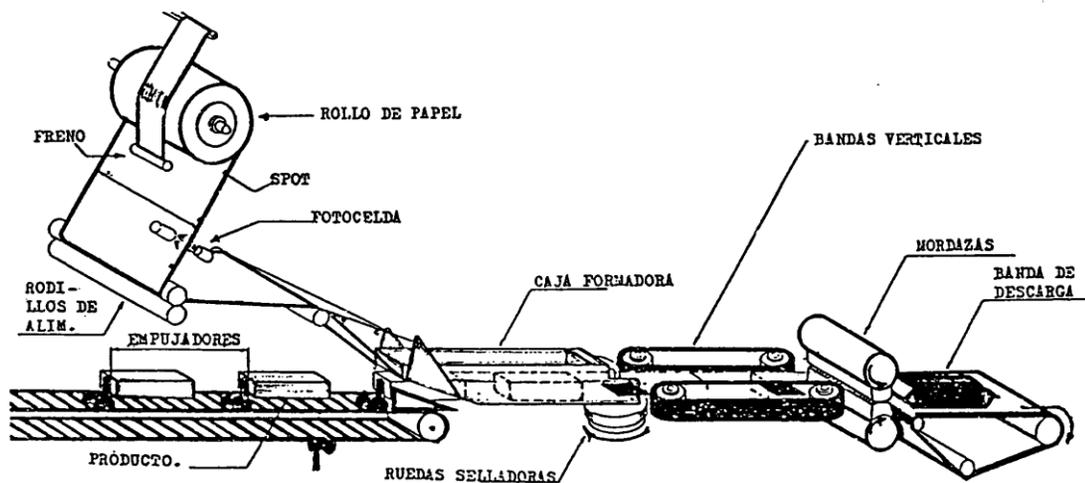
La producción y algunas exigencias de seguridad son tales, que es necesario hacer que las máquinas se detengan tan rápidamente como sea posible. El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia. No se requieren motores especiales, son mucho más eficientes y tienen precios cada vez más competitivos.

3. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE EMPAQUE

3.1. Equipos utilizados en empaque

Las empacadoras FMC WA-520, están diseñadas para revestir al producto con una película plástica, sellando perfectamente sus cuatro extremos del papel.

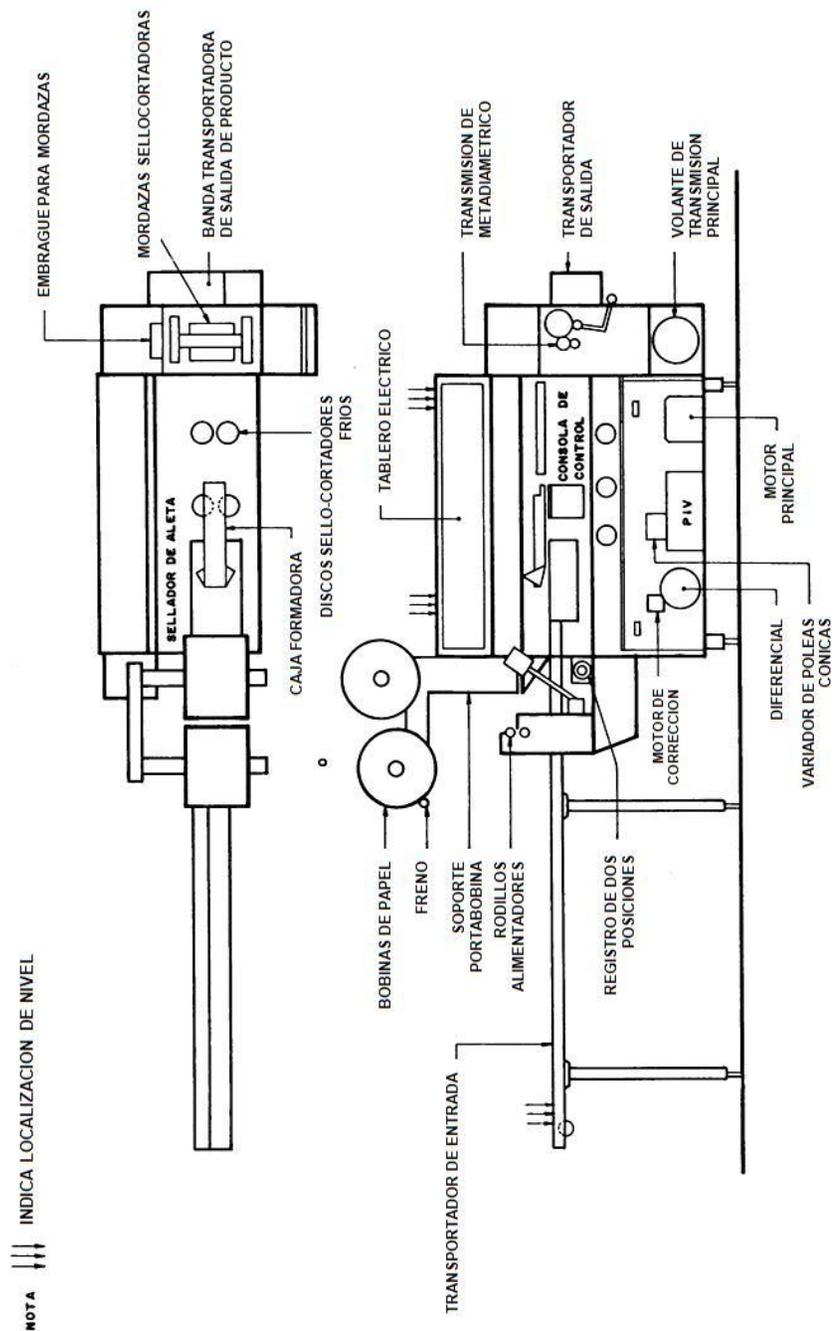
Figura 32. Partes principales de una empacadoras FMC WA-520



Fuente: Bimbo de Guatemala. Manual de operación y mantenimiento.

Estas empacadoras son de tipo horizontal y de movimiento continuo utilizada principalmente para el empaque de producto como: galletas, pastelillos, y cualquier tipo de producto factible de ser envuelto con material tomado de una bobina.

Figura 33. Localización de las partes de una empacadora continua FMC WA-520



Fuente: Bimbo de Guatemala. Manual de operación y mantenimiento.

3.2. Especificaciones del sistema de empaque

Las siguientes especificaciones tienen como fin explicar en forma detallada la función y dimensiones de los diferentes elementos y equipos que conforman la empacadora FMC WA-520.

3.2.1. Dimensiones de la máquina

Longitud total	2,743 mm
Ancho	1,029 mm
Altura de trabajo	899 mm
Peso aproximado	1,314 Kg

3.2.2. Formatos de envoltura

Ancho máximo	178 mm
Altura máxima	76 mm
Longitud con una mordaza	368 mm
Diámetro del cabezal cortador	117 – 165 mm

Tanto la altura como el ancho podrá ser variado en planta de acuerdo a las necesidades del producto a manejar, sin embargo estas no podrán ser mayores a las ya establecidas anteriormente. En el caso de la longitud del paquete se determinará de acuerdo al número de mordazas instaladas en el cabezal cortador.

3.2.3. Producto a manejar

El tipo de producto a manejar puede ser productos de panificación en general y cualquier otro producto de forma suficientemente regular mientras sus dimensiones sean menores a las ya señaladas.

3.2.4. Dimensiones de la bobina

Ancho máximo	406 mm
Diámetro máximo	406 mm
Diámetro del corazón	76 mm

Los tipos de papel utilizados para la envoltura del producto, con los cuales puede se puede trabajar y para los cuales está diseñada la máquina son: materiales termosellables tales como: polipropileno, celofán, polietileno, laminado de material metalizado y materiales sellables en frío, siempre y cuando estos materiales sean suministrados en bobinas que no excedan las dimensiones antes señaladas.

3.2.5. Velocidad de funcionamiento

Esta puede ser ajustada mediante el variador de frecuencia, de acuerdo a las características y tamaño del producto, dimensiones del paquete y tipo de película utilizada para el empaque, sin embargo se mantiene una velocidad máxima de 260 paquetes por minuto.

3.2.6. Requerimientos eléctricos

Alimentación	220/440V-3F-60Hz
Tamaño de motor	3,0 HP 1750RPM
Variador de Frecuencia	GPD 502 u otro
Discos calentadores	400 Watts 120 Volts c/u
Mordazas	300 Watts 120 Volts c/u

3.2.7. Variador de velocidad PIV

Este Variador de velocidad cuenta con una perilla con carátula indicadora la cual ajusta la velocidad sobre los siguientes componentes:

- Rodillos alimentadores de papel
- Ruedas selladoras de aleta
- Ruedas frías

3.2.8. Variador de velocidad de poleas cónicas

La máquina tiene un variador de velocidad de poleas cónicas y banda plana, recibe transmisión del PIV a través del diferencial por medio de cadena de rodillos o banda. Cuenta con una perilla para ajustar la velocidad de los discos selladores de aleta caliente y fríos.

3.3. Funcionamiento del sistema de empaque

Cada uno de sus componentes realiza ciertas funciones en específico, las cuales a continuación serán mencionadas y explicadas en forma particular, con el fin de que usted conozca mejor el equipo.

3.3.1. Transportador de entrada

El transportador de entrada emplea una cadena de rodillos con aditamentos para empujar el producto. El espacio entre aditamento está determinado por la longitud del producto por envolver y deberá ser ligeramente más largo que este último.

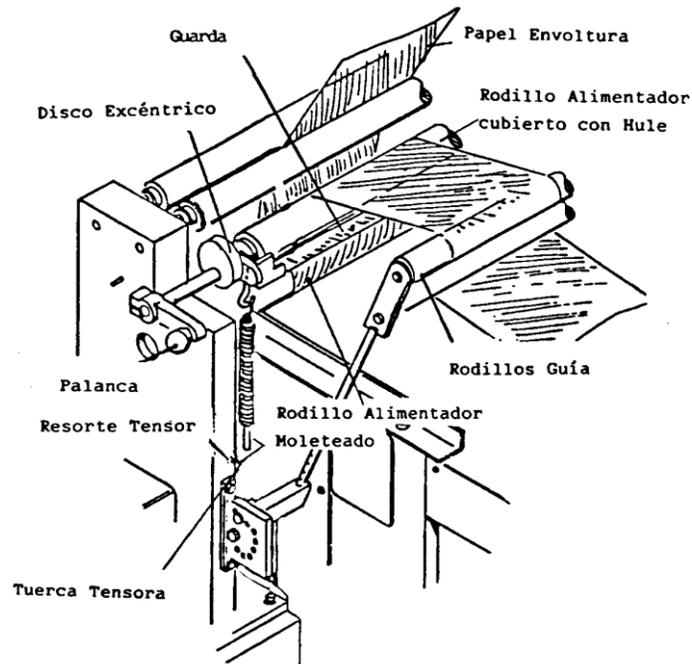
El transportador recibe transmisión de la envolvedora a través de un sistema cadena-catarina o polea-banda. Cuenta con unas guías de *Nylamid* colocadas a todo lo largo del transportador sirviendo como protecciones al producto y evitar que se desacomoden en el proceso de envoltura del mismo. Lleva una perilla para ajustar las guías laterales de acuerdo al ancho del producto, estas deben fijarse 1/8 de pulgadas más grande que el ancho del producto.

3.3.2. Rodillos alimentadores

Los rodillos de alimentación al girar, proveen en forma precisa la cantidad de papel necesario para obtener una envoltura de longitud determinada. Ambos son de acero y uno de ellos está recubierto con hule para aumentar la tracción del papel su velocidad de giro es controlada por el PIV.

El rodillo de hule ejerce una cierta presión contra el de acero por efecto de un par de resortes y sus tensores. Su movimiento está coordinado con los selladores de aleta, discos fríos y con las mordazas sello-cortadoras.

Figura 34. Sistema de alimentación de papel de empaque



Fuente: Bimbo de Guatemala. Manual de operación y mantenimiento.

3.3.3. Caja formadora

La caja formadora adapta o da forma al papel alrededor del producto, transformando la película plana de la bobina en un tubo envolvente y haciéndole los dobleces de 90 grados en sus orillas, necesarios para el sellado de "aleta". Por lo que debe evitarse el golpearlas.

Cada caja formadora está específicamente manufacturada para un producto en especial. Cualquier cambio en las dimensiones del tamaño del producto requiere de una nueva caja formadora.

3.3.4. Soporte para bobina de papel

La máquina cuenta con un par de porta-bobinas con flechas, tubos y platos guías. Las flechas a su vez, cuenta con perillas para centrar la bobina de papel con respecto al producto y se utilizarán para llevar a cabo ajustes finos.

3.3.5. Ensamble de portabobinas de papel

El ensamble portabobina de papel está montado sobre una extensión de la estructura de la máquina. Consiste en unos tubos ajustables montados sobre flechas. Una vez que la bobina de papel es colocada sobre el tubo y es asegurada contra él por medio de sus platos, se gira una perilla para centrarla respecto a la caja formadora y al transportador alimentador, dicha perilla está colocada en el extremo de la flecha.

Cuenta con un contrapeso situado en el centro de la superficie de la bobina, el cual evita una excesiva alimentación de envoltura y el desenrollado de ésta cuando la máquina está detenida. El contrapeso actúa como freno y consiste en un tirante de lona posicionado en el centro sobre cada bobina de papel.

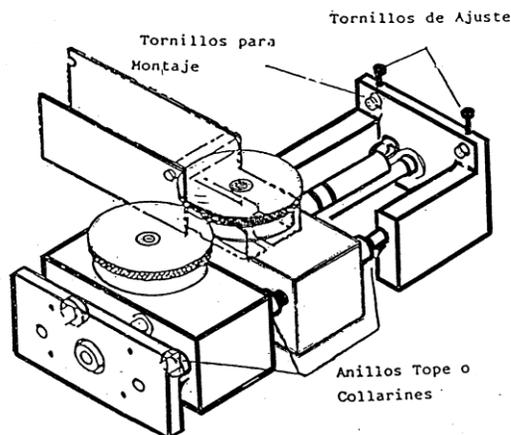
3.3.6. Rodillos guías

Se tiene un rodillo antes de la caja formadora que se puede ajustar en varias posiciones para buscar el ángulo correcto de entrada de papel a la caja formadora, evitando con ello, que se formen pliegues y logrando una tensión uniforme en la sección transversal de la envoltura.

3.3.7. Selladores de aleta

Están colocados inmediatamente después de la caja formadora y tiene por función el sellado longitudinal del tubo de envoltura. Son un par de ruedas moleteadas y calentadas desde su interior por medio de resistencias eléctricas y su temperatura se ajusta con un pirómetro colocado sobre el tablero de control. Reciben transmisión del PIV a través del variador de velocidad de poleas cónicas. Su velocidad se ajusta por medio de una perilla ubicada en el tablero de control eléctrico.

Figura 35. Selladores de aleta



Fuente: Bimbo de Guatemala. Manual de operación y mantenimiento.

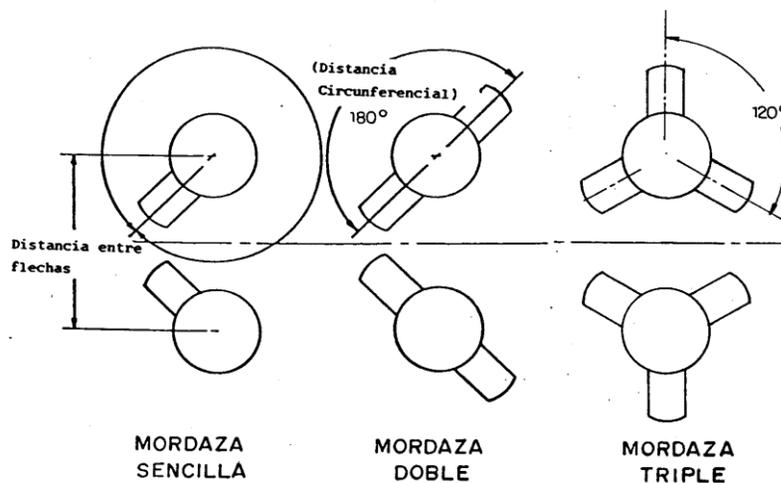
3.3.8. Mordazas sello-cortadoras

Las mordazas sello-cortadoras realizan simultáneamente el sellado y corte transversal del paquete. Durante el lapso de tiempo en que las mordazas sellan y cortan el tubo, su velocidad debe ser igual a la velocidad del papel, esto se logra mediante ajustes realizados al metadiámetro.

Las mordazas tienen controles independientes colocados sobre el tablero de control, para control de temperatura.

Se encuentran montadas en dos flechas paralelas y son impulsadas por el motor de la máquina a través de una transmisión de banda y engranes (estos últimos del metadiamétrico).

Figura 36. **Mordazas sello-cortadoras**



Fuente: Bimbo de Guatemala. Manual de operación y mantenimiento.

3.3.9. Transportador de salida

Este transportador aunque es parte del sistema se proporciona con transmisión independiente o bien acoplado a la transmisión en la envolvente. En él es recogido el producto y acomodado dentro de charolas para después ser almacenado o distribuido según las necesidades específicas de la planta.

3.3.10. Clutch

Este elemento permanece embragado mientras la máquina está operando. También actúa como dispositivo de seguridad, si se llegara a trabar la máquina en el área donde trabajan las mordazas sello-cortadoras, el *Clutch* se patina previniendo posibles daños a la máquina. Cuando esto ocurra, deberá volver a poner a tiempo la máquina.

3.3.11. Transmisión por metadiamétrico

El metadiamétrico sirve para ajustar la velocidad de las mordazas sello-cortadoras con relación a la longitud de separación para la envoltura de acuerdo al largo del producto. Está localizado sobre del lado del operador, bajo las mordazas sello-cortadoras, dentro del gabinete. Cuenta con una palanca de seguridad para ajustar la aceleración de las mordazas sello-cortadoras. Un volante más pequeño es utilizado para dar vueltas manualmente a las mordazas sello-cortadoras.

3.3.12. Motor de corrección

El motor de corrección es de 1/8 de caballos de potencia, está montado sobre el diferencial y trabaja simultáneamente con el sistema de registro. Dependiendo de la señal recibida desde el ojo electrónico, el motor de corrección puede variar el accionamiento de salida de la unidad diferencial.

Cada vez que el motor entre en operación y dependiendo de su sentido de rotación, se tendrá un ligero aumento de velocidad en los rodillos alimentadores de papel, en las ruedas selladoras de aleta y en las bandas entubadoras o discos fríos. Al oprimir el botón *HAND*, sólo corregirá hacia adelante dicho sistema. Esto es corrección manual.

3.3.13. Unidad diferencial

La unidad diferencial es usada para transmitir movimiento a la salida del PIV en los siguientes componentes; rodillos alimentadores, selladores de aleta y bandas entubadoras. Está localizado junto al PIV y recibe transmisión del mismo.

3.3.14. Control fotoeléctrico

El control fotoeléctrico de la máquina verifica y corrige en forma automática la posición de la impresión de la envoltura, manteniéndola centrada con respecto al corte y sellado del paquete. El control fotoeléctrico está formado por las siguientes componentes:

- Un módulo TR-4 el cual controla el encendido del motor de corrección, corrigiendo hacia adelante la ubicación de la impresión.
- Fococelda electrónica montada sobre la estructura de la máquina, cerca de los rodillos alimentadores.

- El módulo TR-4 verifica en forma intermitente la impresión mediante los registros detectados por el rayo de luz del sensor a través de la envoltura. Estos registros, en su viaje, deben cruzar el haz luminoso de la fotorresistencia, lo cual se logra con los impulsores del indicador de posición respecto a la ranura sobre el disco de la leva cada vez que las mordazas dan una vuelta completa.

De esta forma si la impresión de la envoltura se descentra del paquete, automáticamente el control fotoeléctrico energiza un pequeño motor que actúa en el mecanismo diferencial de corrección, (aumentando o disminuyendo) momentáneamente la velocidad de la envoltura hasta volverla a centrar respecto a su sellado y corte transversal.

3.3.15. Módulo CEL-8461

En la cubierta del módulo se tiene un interruptor o por una disminución de resistencia en la fotorresistencia (aumento de luz) *Light Operate*. Siendo nuestra envoltura celofán transparente con registros oscuros. Debemos colocar este selector en *Dark Operate*.

El potenciómetro *SENSB*, ajusta la sensibilidad y se usa para excluir las señales de luz débiles indeseables.

El potenciómetro *TIME* ajusta el rango de tiempo durante el cual, el relevador de corrección se mantiene energizado un promedio de 0 a 2 segundos. El registro se accionará intermitentemente y el intervalo va de acuerdo al ajuste dado.

3.3.16. Tablero de control

El tablero de control contiene todos los interruptores, luces piloto necesarias para controlar y corregir la operación de la máquina. El tablero de control contiene además todos los componentes del circuito y sirve de base a los mecanismos de control mecánico. Está formado por los siguientes controles:

- Botón *ON/OFF*: energiza o desconecta el circuito de control para la transmisión de la máquina.
- Botón de corrección: energiza al sistema de corrección para el registro de la envoltura, incluyendo en éste botón la corrección manual a través de la pulsación del mismo.
- Interruptor jockey: es usado para hacer arranques intermitentes en la máquina.
- Botón *START*: controla el arranque del motor para la transmisión una vez que el botón ha sido oprimido.
- Botón *STOP*: cuando es presionado, desenergiza el circuito de control y para la máquina.
- Perrilla velocidad: es un botón que ajusta la velocidad del motor de transmisión, por medio de un potenciómetro.
- Interruptor de colilla: energiza el circuito eléctrico y los controles de temperatura para las resistencias en los discos selladores de aleta y las mordazas sello-cortadoras; superiores e inferiores.
- Neón color rojo: indica cuando las mordazas están cortando.
- Selector *ON/OFF*: control principal energizado.
- Botón *fuse*: fusible para protección de resistencias, en caso de una sobrecarga o cortó circuito.

3.3.17. Panel de control mecánico

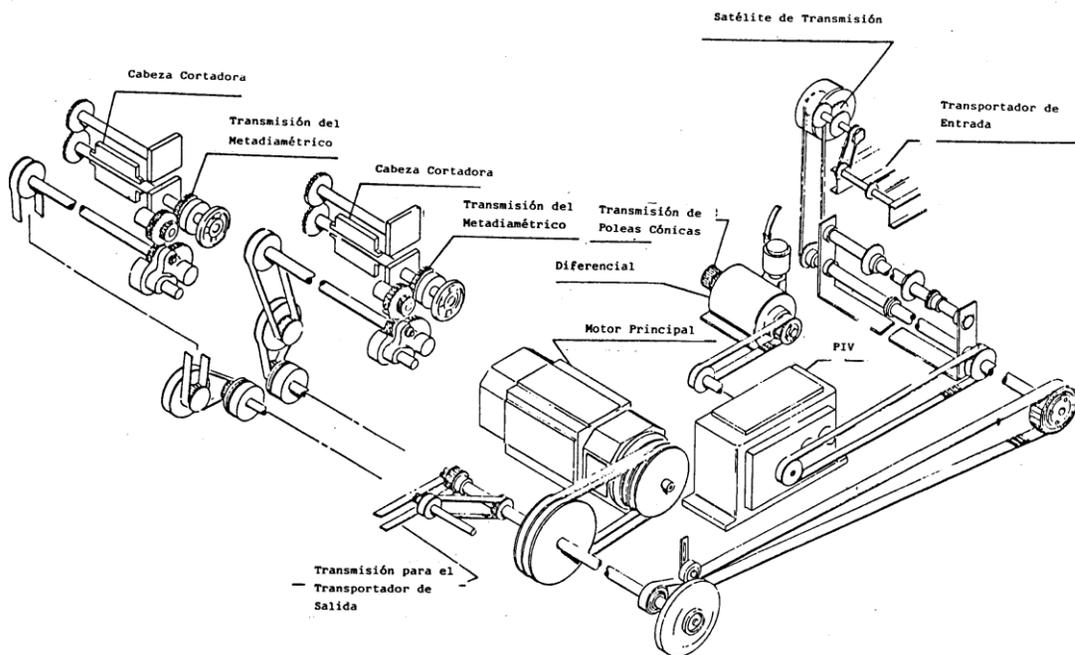
Contiene los siguientes controles o perillas:

- Control del largo del corte: ajusta la velocidad del P.I.V. el cual controla el largo de corte del paquete en pequeñas proporciones.
- Control sellado de aleta: este control se usa para incrementar o disminuir la velocidad de los discos selladores de aleta, a través de variadores de velocidad de polea cónica, es un ajuste fino.
- Perilla de ajuste del metadiamétrico: se utiliza para ajustar la velocidad del metadiamétrico y poderla sincronizar con la longitud de la envoltura, esto es cuando el tiempo de pausa y sellado están fuera de posición de corte.

3.4. Transmisión del sistema de empaque

A continuación se especifica el tipo de transmisión que utiliza la máquina empacadora así como la ilustración de los diferentes elementos utilizados en la transmisión.

Figura 37. Transmisión de la máquina



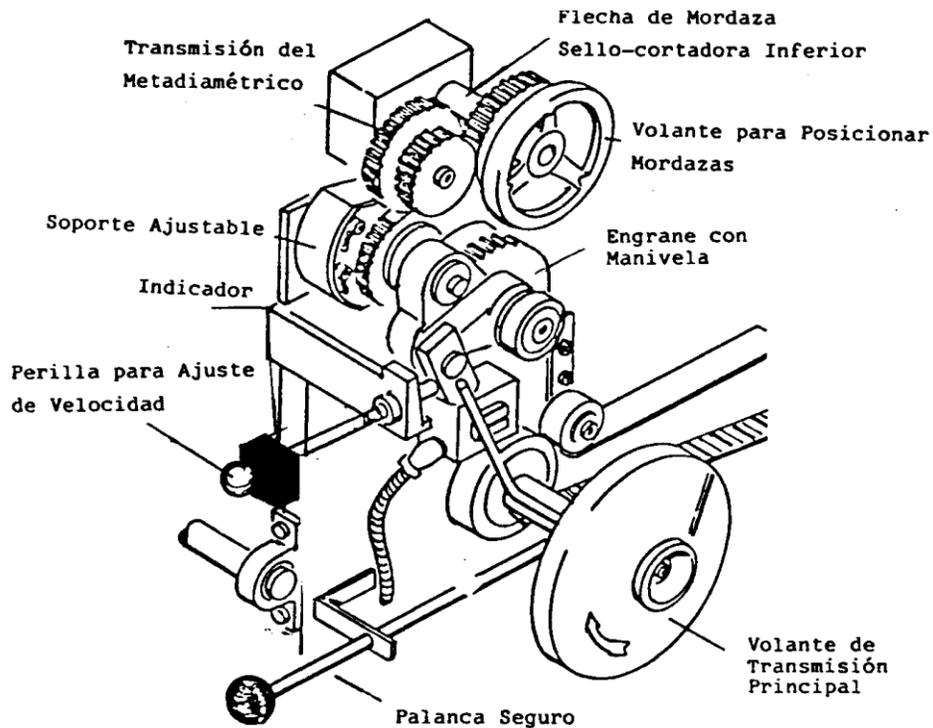
Fuente: Bimbo de Guatemala. Manual de operación y mantenimiento.

3.4.1. Transmisión por metadiamétrico

La transmisión por metadiamétrico funciona como un medio confiable para conducir las mordazas sello-cortadoras exactamente con la misma velocidad del papel envoltura, pero sólo en el instante en el cual las mordazas están en contacto con el papel envoltura. Cuando sea necesario cambiar la longitud para el corte del paquete, la velocidad de las mordazas también debe ser ajustada.

La velocidad de las mordazas antes y después del sellado transversal y corte no es importante.

Figura 38. Transmisión por metadiamétrico



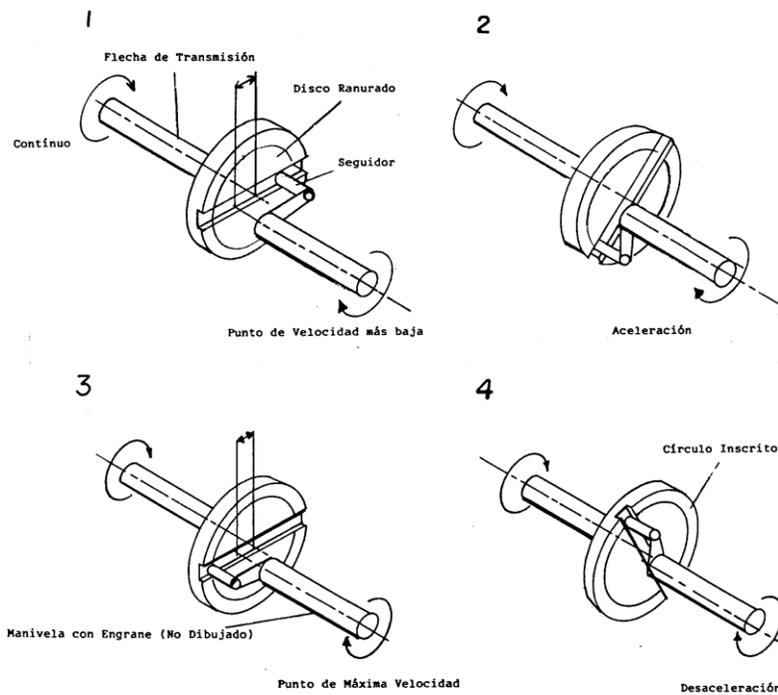
Fuente: Bimbo de Guatemala. Manual de operación y mantenimiento.

Su acción mecánica se logra en base a:

Un disco ranurado asegurado al extremo de la flecha de transmisión, la cual está apoyada sobre un soporte, un seguidor que transmite movimiento a una manivela unida a un engrane. La transmisión por engranes conduce movimiento a la flecha de la mordaza sello-cortadora inferior, la cual actúa simultáneamente con la mordaza superior.

El engrane y la manivela están montados sobre un soporte ajustable, el cual posiona al engrane respecto a un círculo inscrito sobre la cara del disco ranurado o lo mueve fuera de él.

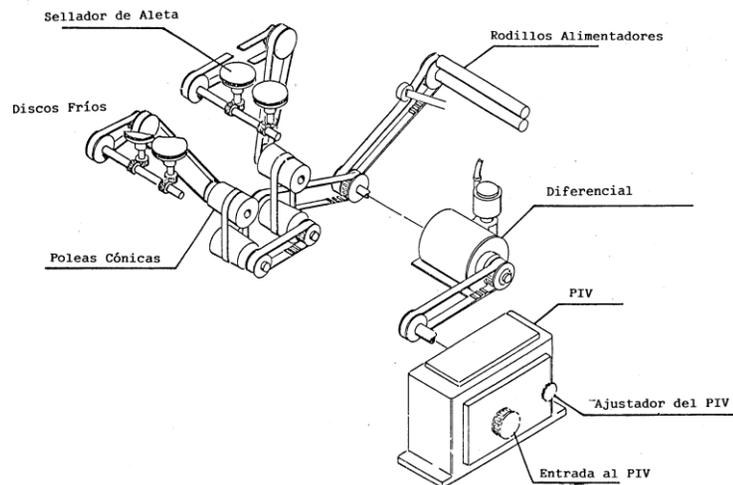
Figura 39. Flecha de transmisión



Fuente: Bimbo de Guatemala. Manual de operación y mantenimiento.

NOTA: el círculo inscrito sobre el disco ranurado sirve de referencia para el ajuste de velocidad en las mordazas sello-cortadoras respecto a la longitud del paquete.

Figura 40. **Elementos principales del sistema de empaque**



Fuente: Bimbo de Guatemala. Manual de operación y mantenimiento.

3.4.2. **Embrague eléctrico**

El embrague eléctrico está montado sobre la flecha de la mordaza sellocortadora inferior. Cuando la máquina llega a trabarse, actúa como elemento de seguridad impidiendo la transmisión, cuenta con una fuente de poder de C.C. de 0-90V. Y de un interruptor selector localizado dentro de la guarda frontal. (Junto al Metadiamétrico).

3.4.3. **Poleas cónicas**

El ensamble de poleas cónicas está montado sobre la base de la estructura de la máquina y recibe transmisión de PIV. Este elemento se encarga de efectuar un cambio en la velocidad de los discos selladores igualándola a la velocidad del transportador entubador o discos fríos.

3.4.4. Mordazas sellocortadoras

El ensamble de las mordazas sello-cortadoras está montado sobre la estructura de la máquina y es ajustado verticalmente.

3.4.5. Registro de posición

Este registro está diseñado para conservar la envoltura posicionada con precisión en el producto a envolver. Puede detectar un error en la posición de la envoltura (adelanto o atraso) hasta corregir a la posición requerida.

El sistema tiene ajuste para una cantidad de corrección por ciclo en ambas direcciones, adelante o atrás. El tiempo de fase es también ajustable y todos estos ajustes tienen la posibilidad de ser realizados cuando la máquina se encuentra parada así como al momento de estarla operando.

3.5. Mantenimiento realizado al sistema de empaque

La empacadora cuenta con guardas frontales y posteriores que permiten el mantenimiento de los componentes respectivos. Estas guardas cuentan con un sistema de seguridad para detener el equipo en caso de abrirlas durante la operación.

3.5.1. Reemplazo de banda plana de poleas cónicas

Para asegurar una adecuada transmisión de los discos selladores de aleta y de las bandas entubadoras, será necesario que la banda plana sea reemplazada tan pronto como se detecte algún daño o desgaste en la misma.

Procedimiento

- Desenergice la máquina y retire la guarda trasera. Cumpla con el procedimiento de bloqueo y candado. Si no ha sido capacitado no puede intervenir estos equipos, este procedimiento se debe cumplir en todas las tareas de mantenimiento de la planta.
- Si es necesario, desconecte el sistema inyector lubricante de la base de la estructura y deslícelo fuera del frente de las poleas cónicas.
- En este momento, el ensamble de poleas cónicas puede ser sacado de la máquina, no es necesario que el cambio se realice fuera de la máquina, sin embargo para hacer más fácilmente el reemplazo apóyese sobre una mesa de trabajo.
- Afloje los tomillos sobre la base del ensamble de poleas cónicas y retire cualquier banda de transmisión auxiliar, la banda de transmisión del diferencial y el mecanismo de control.
- Coloque el ensamble sobre una mesa y remueva la polea tensora, los espaciadores y los tornillos que unen la base con la placa lateral en su lado motriz del ensamble.
- Usted podrá remover fácilmente la placa lateral junto con sus rodamientos.
- Retire la banda dañada. Gire el tornillo tensor hasta que pueda colocar la nueva banda sobre la polea tensora y las poleas cónicas.
- Para ensamblar proceda de manera inversa a la descrita anteriormente. Tense la banda girando el tornillo o tensor de ajuste.

3.5.2. Reemplazo de la banda de salida

Cuando la banda muestre un desgaste excesivo que ya no pueda ser tensada, deberá reemplazarse mediante los tornillos con que cuenta el transportador de salida.

3.5.3. Reemplazo de termopar y del elemento calentador de los discos selladores de aleta

Si no hay calentamiento de los discos selladores de aleta y los controles de temperatura están trabajando adecuadamente, será necesario que el elemento calentador y el termopar sean reemplazados. El ensamble del disco sellador de aleta deberá separarse de la máquina y ser desensamblado para sacar el elemento calentador.

- Ponga fuera de operación la máquina y permita que los discos se enfríen.
- Retire las guardas de los discos selladores de aleta.
- Quite el tornillo y roldana de la flecha. Asegure con una mano el ensamble completo de disco sellador (parte superior e inferior) y elévelo suavemente para desmontarlo de la flecha.

NOTA: puede ser necesario utilizar un extractor de engranes para remover el ensamble del disco sellador. Tenga extrema precaución cuando jale, ya que podría deformar a las partes. En esta posición, afloje los tornillos del elemento calentador. Si el termopar está defectuoso, puede aprovechar para retirarlo en ese momento.

- Lleve el ensamble a una mesa de trabajo. Remueva el retén - unido a la guarda de alambre la arandela de fibra, el aislador y el elemento calentador.
- Reemplace el elemento calentador y proceda de manera inversa a la descrita para ensamblar. Coloque el elemento calentador con los pernos sobre el lado de la ranura. Posicione el aislador con su ranura sobre los pernos.

- Coloque el retén con la ranura sobre los pernos de calentador. Si esto es hecho adecuadamente, podrán alinearse una ranura en el retén y el enfriador con un barreno sobre la tapa inferior. Posicione los tornillos al elemento calentador para armar el ensamble.
- Coloque el ensamble sobre la flecha y asegúrelo, use el tornillo y la roldana.

3.5.4. Sistema calentador de las mordazas sello-cortadoras

El sistema para calentar las mordazas sello-cortadoras constan de los siguientes componentes: anillo colectores, escobillas, termopar y resistencias calentadoras.

3.5.5. Anillos colectores

Los anillos colectores conducen la corriente eléctrica a las resistencias calentadores mientras que el termopar detecta la presencia de calor. El termopar conduce la temperatura de sellado al sistema de control para la lectura visual.

3.5.6. Arreglo de elementos calentadores montados sobre los anillos colectores

Dos ensambles de anillos colectores están montados sobre el extremo de las flechas de las mordazas superiores e inferiores. Son aseguradas por medio de un anillo de montaje y por tornillos opresores. Los anillos son de cobre para mejorar la conductividad.

3.5.7. Limpieza de anillos colectores

Los anillos colectores pueden ver disminuida su capacidad eléctrica debida a la presencia de mugre y/o grasa sobre su superficie, por lo que requerirán la limpieza periódica. Un bajo errático control de señal de temperatura de sellado será la indicación de limpieza.

Precaución: antes de dar cualquier mantenimiento a este ensamble, asegúrese de colocar el interruptor principal en la posición *OFF*. Deje enfriar las mordazas antes de iniciar el servicio.

3.5.8. Desensamble de los anillos colectores

Cuando el desgaste, rayas, abolladuras, sea motivo de un reemplazo de anillos, siga el siguiente procedimiento:

- Desenergice la máquina usando el interruptor termo magnético colocado en el tablero de control. Permita que las partes calientes se enfríen antes de proceder. Cumpla con el procedimiento de bloqueo y candado. Si no ha sido capacitado no puede intervenir estos equipos, este procedimiento se debe cumplir en todas las tareas de mantenimiento de la planta.
- Abra las puertas de los gabinetes laterales y quite las guardas que cubre los anillos colectores. Gire el volante para ajustar manual hasta localizar el tornillo opresor sobre el disco de montaje aflójelo.
- Disminuya la tensión del resorte de las escobillas y retire la escobilla de la superficie del anillo colector. Deslice el anillo colector desde el extremo de la flecha.

- Remueva los anillos colectores del disco de montaje. Afloje dos pernos del anillo de colector exterior y retírelos. Asegure la boquilla aisladora con el ensamble.
- Reemplace los anillos colectores por unos nuevos y ensamble en la mismas forma que desarmó.

3.5.9. Reemplazo de los elementos calentadores (resistencias montadas sobre las mordazas)

La carátula de control indicador para la temperatura de sellado, localizada sobre el tablero de control, podría no registrar temperatura o una baja conducción, indicando la quemadura del elementos calentador o un deficiente contacto entre la escobilla y el anillo colectores.

- Con los pirómetros de los elementos calentadores, examine la temperatura de la superficie de la mordaza para determinar si los elementos calentadores están funcionando.
- Si es necesario un reemplazo del elemento calentador, desenergice la máquina.
- Abra la guarda que da acceso a las mordazas.
- Una vez frío, fuerce hacia fuera el elemento calentador desde el extremo de la máquina, utilizando unas pinzas. Desconecte los alambres y retírelo.
- Reemplace el elemento calentador por uno nuevo y ensamble de la misma forma que desarmó.

3.5.10. Reemplazo del termopar para la mordaza

El termopar para la mordaza registra el calor de los elementos calentadores en la unidad de control de sellado caliente. Si el control de temperatura comienza ser errático, será probablemente una señal de que el termopar se ha averiado y tal vez tenga que ser reemplazado.

Procedimiento de reemplazo:

- Verifique el funcionamiento de los elementos calentadores con el pirómetro respectivo, para determinar si el problema es el termopar. En caso afirmativo, continúe el siguiente paso. De lo contrario, que el problema sean los elementos calentadores, refiérase a la sección correspondiente.
- Desenergice la máquina y permita que la mordaza sello-cortadora se enfríe. Cumpla con el procedimiento de bloqueo y candado.
- Abra la guarda que cubre las mordazas sello-cortadoras y localice el termopar.
- Tome por un extremo al termopar - usando pinzas o alicates y jálelo hacia fuera.
- Coloque el nuevo termopar, conéctelo y energice la resistencia para verificar su funcionamiento.

Figura 42. Formato de mantenimiento preventivo empaadoras

No	PARTES A REVISAR	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	MOTOR PRINCIPAL	ANOTAR CORRIENTE QUE CONSUME Y LA DE LA PLACA DEL MOTOR	
2		REVISAR: SUJECIÓN CON REDUCTOR, VENTILACIÓN, CONEXIÓN ELÉCTRICA	
3		REVISAR TAPA DEL MOTOR, CABLE DE USO RUDO, LIGUATITE	
4		REVISAR CONDICIÓN DE BALEROS	
5		REVISAR AISLAMIENTO CON MEGUER Y ANOTAR VALOR	
6		LIMPIAR MOTOR	
7	TRANSMISION	BANDA : REVISAR CONDICION FISICA Y TENSION	
8		POLEAS:ALINEAR Y REAPRETAR OPRESORES	
9		CHECAR CONDICION FISICA DE DE CUNEROS Y CUNA	
10		CHUMACERAS: REAPRETAR OPRESORES DE REPUESTOS Y LUBRICAR	
11		FLECHA PRINCIPAL:REVISRA CONDICION FISICA	
12	VARIADOR DE VELOC. PIV	CHECAR NIVEL DE ACEITE	
13		CADENA DE LAMINILLAS:REVISAR TENSION	
14		PLATOS RANURADOS (POLEAS); REVISAR DESGASTE, Y LIBRE APERTURA	
15		VERIFICAR QUE VARIE LA VELOCIDAD	
16		BALEROS RADIALES Y AXIALES: REVISAR ESTADO FISICO	
17		CONTADOR: REVISAR CONDICION FISICA Y FUNCIONAMIENTO	
18		MECANISMO DEL CAMBIO DE VEL.:IMPIEZA, LUBRICAC Y FUNCIONAMIENTO	
19	VARIADOR DE VELOC.	BANDA : REVISAR CONDICION FISICA Y TENSION	
20	DE POLEAS CONICAS	POLEAS:ALINEAR Y REAPRETAR OPRESORES	
21		RODILLOS CONICOS: REVISAR DESGASTE, ALINEAR Y REAPRETAR OPRESORES	
22		CARATULA INDICADORA: REVISAR CONDICION FISICA Y FUNCIONAMIENTO	
23		MECANISMO DE VARIACION DE VELOC.: LIMPIAR LUBRICAR Y REVISAR FUNCIONAMIENTO	
24		BALEROS : REVISAR ESTADO FISICO	
25	RODILLOS ALIMENTAD.	RODILLOS GUIA:REVISAR LIBRE MOVIMIENTO, BALEROS Y CONDICION FISICA	
26	DE PAPEL	RODILLO ALIMENTADOR (CUB. CON HULE): REV. QUE ABRA Y CIERRE FACILMENTE	
27		REVISAR CONDICION DEL RESORTE DE TENSION	
28		REVISAR BALEROS Y DISCO EXCENTRICO	
29		RODILLO ALIMENTADOR (MOLETEADO): REV. BALEROS, LIBRE MOVIMIENTO Y DESGASTE	
30		RODILLOS LOCOS: VERIFICAR QUE GIREN LIBREMENTE	
31	TUBO DE ENSAMBLE	REVISAR CONDICION FISICA DE: PLATO INTERIOR Y PLATO EXTERIOR	
32	PORTA-BOBINAS	REVISAR CONDICION Y FUNCIONAMIENTO DEL HUSILLO	
33		VERIFICAR LIBRE DESPLAZAMIENTO AL MOVER LA VOLANTA DE AJUSTE	
34	TUBO DE ENSAMBLE	REVISAR CONDICION FISICA DE: PLATO INTERIOR Y PLATO EXTERIOR	
35	PORTA-BOBINAS	REVISAR CONDICION Y FUNCIONAMIENTO DEL HUSILLO	
36		VERIFICAR LIBRE DESPLAZAMIENTO AL MOVER LA VOLANTA DE AJUSTE	
37	DISCOS SELLADORES	REVISAR CONDICION FISICA DEL MOLETEADO	
38	DE ALETA	REVISAR QUE COINCIDA EL MOLETEADO Y QUE ESTEN ALINEADOS	
39		REVISAR CONDICION FISICA DE LAS FLECHAS Y CUÑEROS	
40		BUJES: REVISAR CONDICION Y LUBRICAR	
41		VERIFICAR QUE EL DISCO MOVIL GIRE LIBREMENTE	
42	TRANSMISION DE DISCOS	REVISAR CONDICION FISICA DE LA FLECHA MOTRIZ	
43		REVISAR CONDICION Y ACOPLAMIENTO DE ENGRANES Y REAPRETAR OPRESORES	
44		POLEAS: ALINEAR Y REAPRETAR OPRESORES	
45		BANDAS: REVISAR CONDICION FISICA Y TENSION	
46	SIST. DE CALEFACCION	REVISAR CONDICION FISICA DE CABLES	
47	DISCOS SELLADORES	REVISAR CONDICION FISICA DEL ASBESTO	
48		ANOTAR EL VALOR DE RESISTENCIA EN OHMS	
49		VERIFICAR QUE LA TEMP. DE LOS DISCOS CORRESPONDA CON LA DEL CONTROL DE TEMPERATURA	
50		VERIFICAR QUE LA TEMP. EN LOS DOS DISCOS SEA IGUAL	
REPUESTOS :			

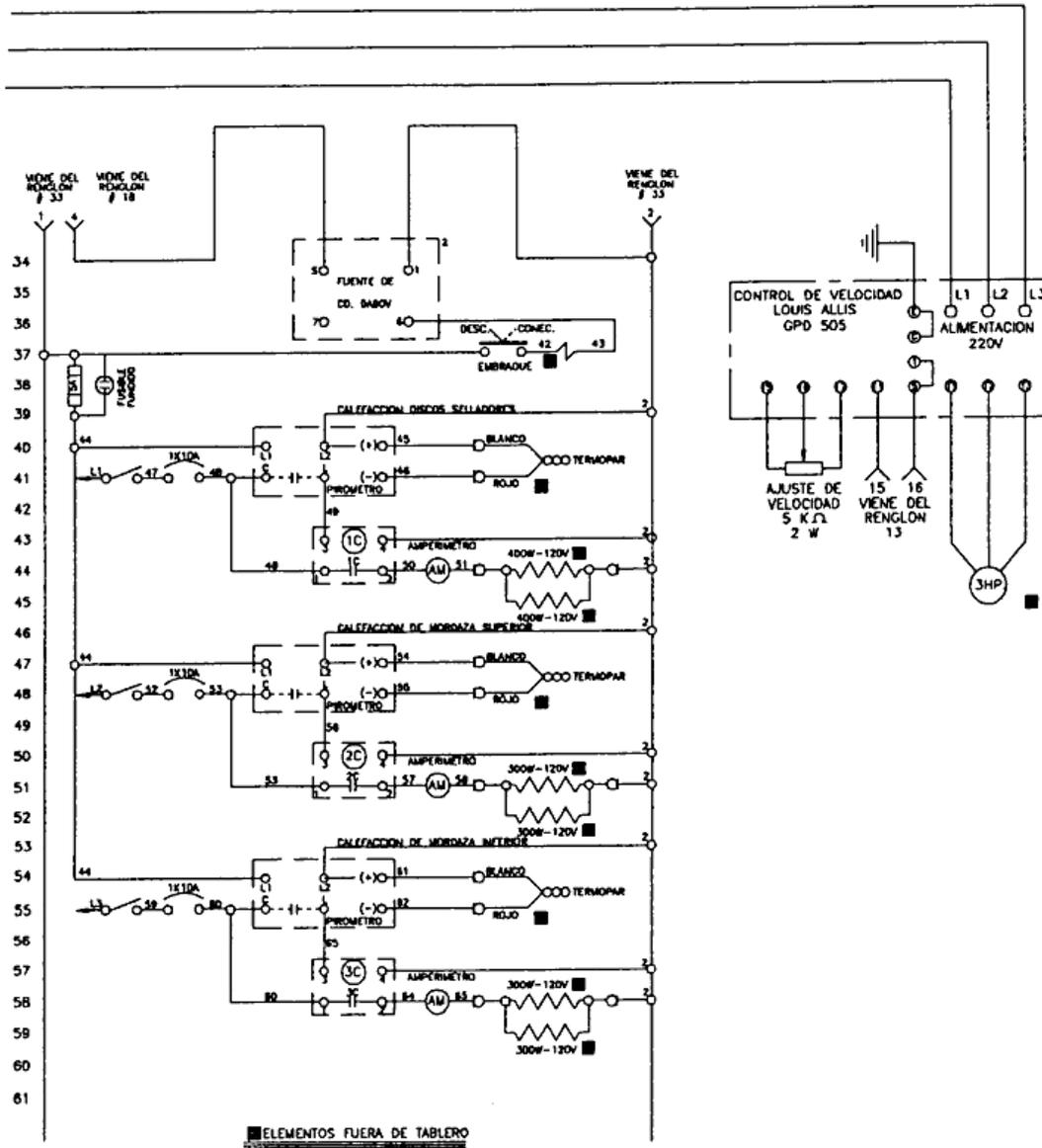
REVISO : _____
FIRMA E INICIALES

REALIZO : _____
FIRMA

BCA3MAN5 (2)

Fuente: grupo Bimbo Guatemala.

Figura 44. Diagrama de fuerza del sistema de empaque (tablero)



Fuente: Bimbo de Guatemala. Manual de operación y mantenimiento.

3.7. Propuesta para la mejora del sistema de empaque

Esta propuesta tiene por objeto reducir el mantenimiento debido a la disminución de los elementos mecánicos que la constituyen, así como facilitar el manejo de la envolvedora para los operarios de la planta.

3.7.1. Situación actual

Actualmente, la demanda de galletas ha ido en aumento en los últimos años, y debido a los altos niveles de producción, la empresa Bimbo de Centroamérica requiere una mayor capacidad para empaquetar sus productos. Esto lleva a la empresa a adquirir máquinas empaquetadoras con una velocidad mayor de empaque en comparación a las máquinas que actualmente se encuentran en operación, las cuales no son muy usuales de encontrarlas en el mercado local, por lo que se ve en la necesidad de importarlas. La adquisición de esta maquinaria, tanto aquí como en el extranjero, resulta muy costosa aun tratándose de maquinaria de segunda mano.

Gracias a la valiosa experiencia y al alto nivel de capacitación del personal de mantenimiento de la empresa, el sistema actual de empaque a la fecha se encuentra en operación, sin embargo, existen muchas pérdidas de tiempo y recurso al momento de ajustar la máquina para la selección del empaque adecuado según el producto que se esté trabajando y la realización del mantenimiento programado para los diferentes sistemas que conforman la empaquetadora, lo cual se ve reflejado en el costo final de la máquina.

Por tal motivo, la empresa se ve obligada a cambiar a un nuevo sistema de empaque, que cumpla con las necesidades que producción demanda, que sirva para optimizar los procesos de fabricación y tener un respaldo para la obtención de una certificación ISO.

3.7.2. Situación futura

Con un nuevo sistema de empaque, la empresa mejorara sus procesos, disminuirá costos, contará con maquinaria de calidad que brinden un funcionamiento óptimo y de esta manera ser más competitiva para posicionarse como la empresa líder en la producción de galletas.

3.7.3. Selección de los elementos que conformaran el nuevo sistema de empaque

Hoy en día, existen diversas empacadoras automáticas que satisfacen las necesidades que la empresa exige, sin embargo, las empacadoras controladas por servomecanismos tienen un mayor rango de compatibilidad con los diferentes equipos y sistemas con los que la empresa actualmente cuenta. Siendo así la mejor opción para conformar el nuevo sistema de empaque que la planta requiere.

El nuevo sistema de empaque estará equipado con elementos marca FESTO, que contribuyen a una gran velocidad y precisión en el empaque de cada producto, y permiten que se configuren con cualquier dispositivo, en comparación a las demás marcas que solo pueden ser configurados y conectados con dispositivos de la misma familia, línea, modelo, serie o marca.

4. MONTAJE DEL NUEVO SISTEMA DE EMPAQUE

4.1. Instalación del sistema de empaque

El diseño de esta máquina es tal que no presenta condiciones inseguras en su instalación mientras sea montada por el personal entrenado y que siga las recomendaciones de instalación.

4.1.1. Instalación del servocontrolador y de los servodrives

En el presente capítulo se indica la instalación del servocontrolador y servodrives de la máquina empacadora según la alternativa seleccionada.

4.1.1.1. Descripción de los elementos

Las diferentes operaciones lógicas y comandos que se necesitan transmitir a los servomotores se realizan con estos elementos, los cuales se detallan a continuación:

4.1.1.1.1. Servocontrolador

Este es el encargado de cerrar el lazo de control con el servomotor. Recibe los comandos de entrada, los procesa y los envía al *driver* como una señal de +/- 10 volts. Recibe y acondiciona la retroalimentación de posición/velocidad de servomotor.

Cálcula los factores de compensación por error entre el valor del comando de entrada y el valor real que proporciona el dispositivo de retroalimentación. Modifica el comando de entrada que envía el servodriver para compensar las discrepancias.

Figura 45. **SMLC FESTO**



Fuente: catálogo FESTO. p. 8.

4.1.1.1.2. **Servodrive**

Este contiene un amplificador que convierte la señal de +/- 10 volts proveniente del servocontrolador, a un nivel proporcional de voltaje y corriente capaz de mover al servomotor.

Figura 46. **Driver FESTO**

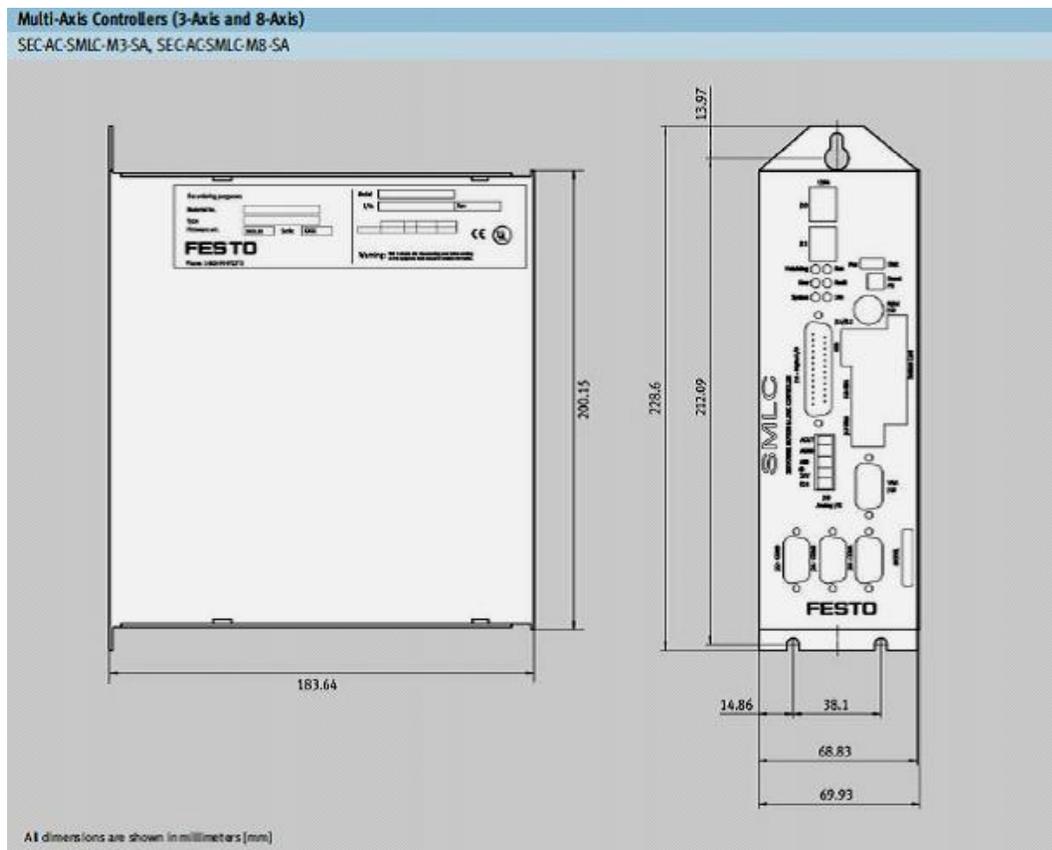


Fuente: catálogo FESTO. p. 15.

4.1.1.2. Dimensiones de instalación

Para evitar trabajos innecesarios de montaje, en las siguientes figuras se especifican las dimensiones respectivas del servodriver y servocontrolador.

Figura 47. Dimensiones SMLC



Fuente: catálogo FESTO. p. 10.

- Cuando se monte el servocontrolador y servodrive, asegurarse de apretar los tornillos para fijar los elementos en su lugar.
- Si el eje del servomotor estuviera acoplado directamente a un dispositivo en rotación, asegurarse de que se presten las especificaciones de la alineación del servomotor, el acoplamiento y el dispositivo. El no hacerlo podría ocasionar cargas innecesarias o fallas prematuras del servomotor.

4.1.1.3.2. Condiciones de instalación

La temperatura ambiental del servocontrolador y el servodrive para lograr la confiabilidad a largo plazo deberá estar por debajo de los 45 grados celsius (113 grados fahrenheit). Si la temperatura ambiente de los elementos fuera mayor que 45 grados celsius (113 grados fahrenheit), instale los elementos en un lugar bien ventilado y no obstruya el flujo de aire del ventilador de enfriamiento.

El servocontrolador y el servodrive generarán calor. Si son instalados en un tablero de control, asegurar suficiente espacio alrededor de los equipos para permitir la disipación de calor.

Prestar especial atención a la vibración de los equipos y verificar si la vibración ha afectado los dispositivos eléctricos del tablero de control. Cuando se selecciona una ubicación de montaje, respete las siguientes precauciones:

- No montar el servocontrolador ni el servodrive adyacentes a los elementos radiadores de calor o expuestos a la luz solar directa.
- No montar el servocontrolador ni el servodrive en una ubicación sometida a gases o líquidos corrosivos, o a polvo o partículas metálicas arrastradas por el aire.

- No montar el servocontrolador ni el servodrive en una ubicación en la que las temperaturas y la humedad excedan la especificación.
- No montar el servocontrolador ni el servodrive en una ubicación en la que las vibraciones y los impactos excedan la especificación.
- No montar el servocontrolador ni el servodrive en una ubicación en la que estén sometidos a altos niveles de radiación electromagnética.

4.1.1.3.3. Procedimiento de instalación

La instalación incorrecta puede ocasionar un mal funcionamiento de los dispositivos servo o la falla prematura de los mismos y del servomotor. Cuando instale los dispositivos, respete las pautas del fabricante.

Tanto el servocontrolador como el servodrive, deberán ser montados perpendicular a la pared de un tablero o panel de control.

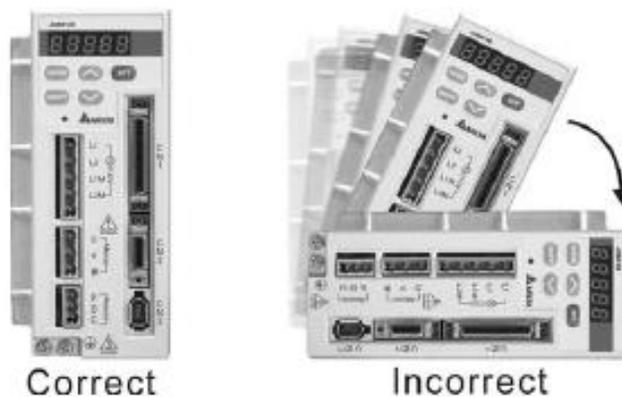
Figura 49. Panel de control



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

Para asegurar que los dispositivos estén bien ventilados, verificar que no esté obstruido ningún agujero de ventilación y que se le otorgue a los dispositivos suficiente espacio libre. No instale los dispositivos en una posición horizontal o tendrá lugar mal funcionamiento y daños.

Figura 50. **Posición de montaje del driver**



Fuente: manual de usuario de la serie ASDA-AB DELTA. p. 10.

Los servomandos deberán ser montados verticalmente hacia atrás sobre una superficie seca y sólida tal como un gabinete. Debe mantenerse un espacio mínimo de dos pulgadas arriba y abajo entre cada dispositivo para la ventilación y disipación del calor. Podría ser necesario un espacio adicional para el cableado y las conexiones de los cables.

Además, como los dispositivos disipan el calor a través del montaje, la superficie de montaje deberá ser aislada y no conducir el calor desde las fuentes externas a los dispositivos.

Figura 51. Panel de aislación



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

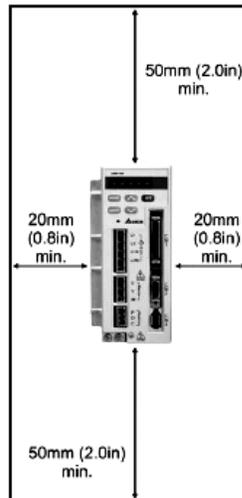
Los dispositivos se fijaran al panel con tornillos rosca ordinaria, cabeza Philips con una pulgada de largo. La herramienta a utilizar para la fijación de los elementos es un destornillador tipo Philips.

Figura 52. Montaje de los elementos al panel aislante



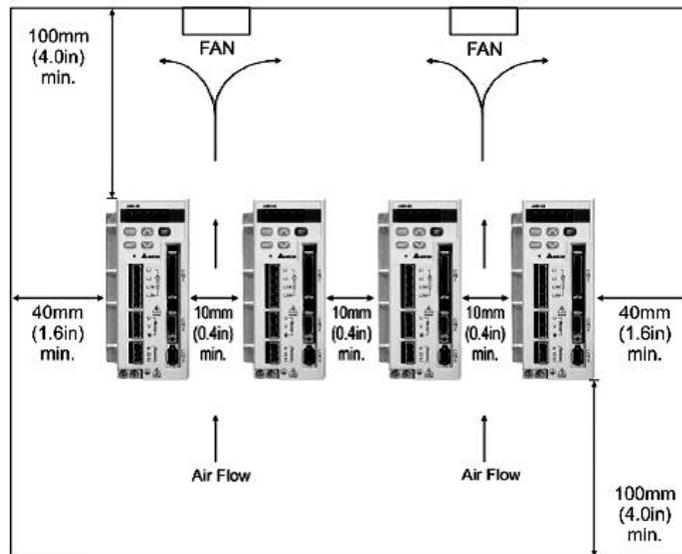
Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

Figura 53. Separaciones mínimas entre el panel y el servo *driver*



Fuente: manual de usuario de la serie ASDA-AB DELTA. p. 12.

Figura 54. Separaciones mínimas entre servomando y *drivers*



Fuente: manual de usuario de la serie ASDA-AB DELTA. p. 12.

4.1.2. Montaje de elementos eléctricos

Los principales elementos eléctricos para las operaciones básicas del nuevo sistema de empaque, se instalarán en el panel posterior principal, donde previamente se instaló el servocontrolador, los servodrive. Estos elementos van montados a presión sobre un riel de acero inoxidable de 2,5 pulgadas de ancho por un metro de largo.

Figura 55. **Canaleta de cableado y riel de acero inoxidable**



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

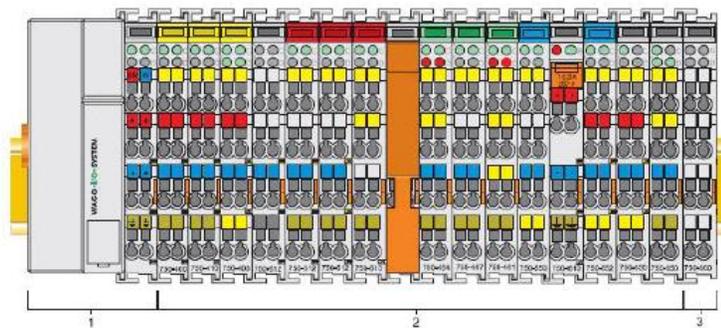
4.1.2.1. Descripción de los elementos

Antes de comenzar con la instalación de estos elementos, mantenga la caja de control eléctrico debidamente cerrada, abrir únicamente por personal autorizado cuando sea necesario.

4.1.2.1.1. Wago I/O System 750

El WAGO-I/O-SYSTEM 750 es modular, con I/O de campos independientes. Está compuesto de un acoplador de bus de campo/controlador (1) y hasta 64 módulos de bus de campo conectados (2) para cualquier tipo de señal. Juntos, estos forman el nodo de bus de campo. El módulo de finalización (3), completa el nodo. A continuación se presenta el nodo de bus de campo.

Figura 56. Wago I/O System 750



Fuente: manual de instalación y operación WAGO Systems. p. 4.

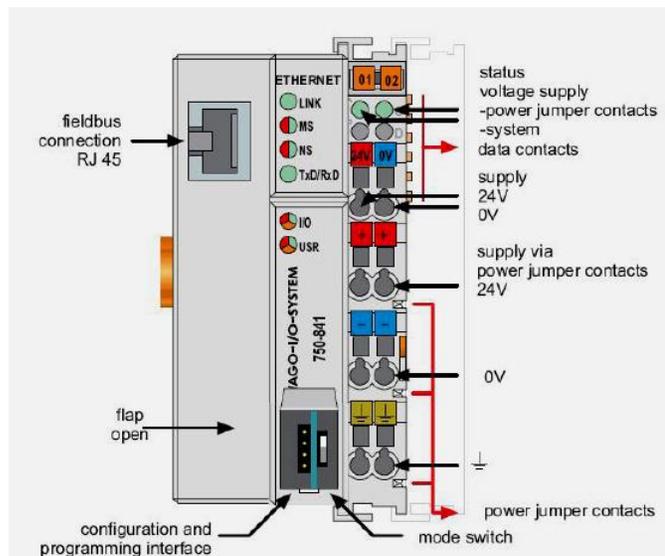
Este tiene un puerto claro con LED para la indicación de estado, se puede insertar marcadores mini WSB. La tecnología complementada de 3 cables por un cable de conexión aterrada permite cableado directo del sensor / actuador.

4.1.2.1.2. Controlador de campo

El controlador de campo se compone de:

- Dispositivo de fuente con módulo de sistema interno de suministro para el sistema de suministro de energía, así como los contactos para el suministro de campo a través de los módulos de comunicación.
- Interfaz de campo con conexión de bus.
- Elementos de visualización (LED's) para operación de estatus, diagnóstico, esta de la comunicación.
- Configuración y programación de la interfaz del puerto.
- Interruptor de modo de operación.
- Electrónica de comunicación con los módulos de bus interno y la interfaz de bus de campo.

Figura 57. Controlador de campo



Fuente: manual de instalación y operación WAGO Systems. p. 6.

4.1.2.1.3. Módulos de entrada digital WAGO 750-430

Los módulos de entrada digital de un bit de datos por canal especifica el estado de señal para el canal correspondiente. Estos bits se asignan en la imagen de proceso de entrada.

Cuando los módulos de entrada analógica también están presentes en el nodo, los datos digitales siempre se adjuntan después de las entradas analógicas de datos en la imagen del proceso, agrupados en bytes.

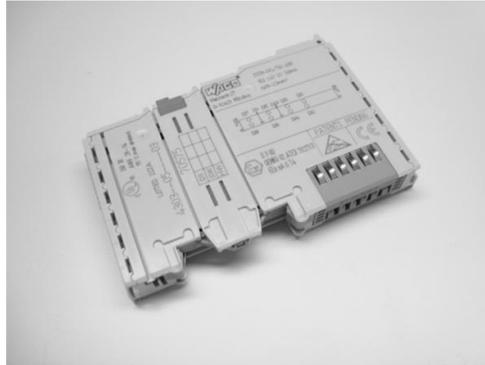
Algunos módulos digitales tienen un bit de diagnóstico adicional por canal de entrada en la imagen de proceso. El bit de diagnóstico es utilizado para la detección de deficiencias que se puedan producir (por ejemplo, si un cable se rompe y/o existen cortocircuitos).

Tabla I. **Módulos digitales**

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Data bit DI 8 Channel 8	Data bit DI 7 Channel 7	Data bit DI 6 Channel 6	Data bit DI 5 Channel 5	Data bit DI 4 Channel 4	Data bit DI 3 Channel 3	Data bit DI 2 Channel 2	Data bit DI 1 Channel 1

Fuente: catálogo WAGO *System.*, p. 2.

Figura 58. **Módulo de entrada digital WAGO 750-430**



Fuente: catálogo WAGO Systems. p. 2.

4.1.2.1.4. **Módulos de salida digital WAGO 750-530**

Los módulos de salida digital utilizan un bit de datos por canal para controlar la salida del canal correspondiente. Estos bits se asignan en la imagen de proceso de salida.

Figura 59. **Módulo de salida digital WAGO 750-530**



Fuente: catalogo WAGO Systems. p. 3.

Cuando los módulos de salida analógica también están presentes en el nodo, los datos digitales siempre se adjuntan después de las salidas analógicas de datos en la imagen del proceso, agrupados en bytes.

Tabla II. **Módulos digitales**

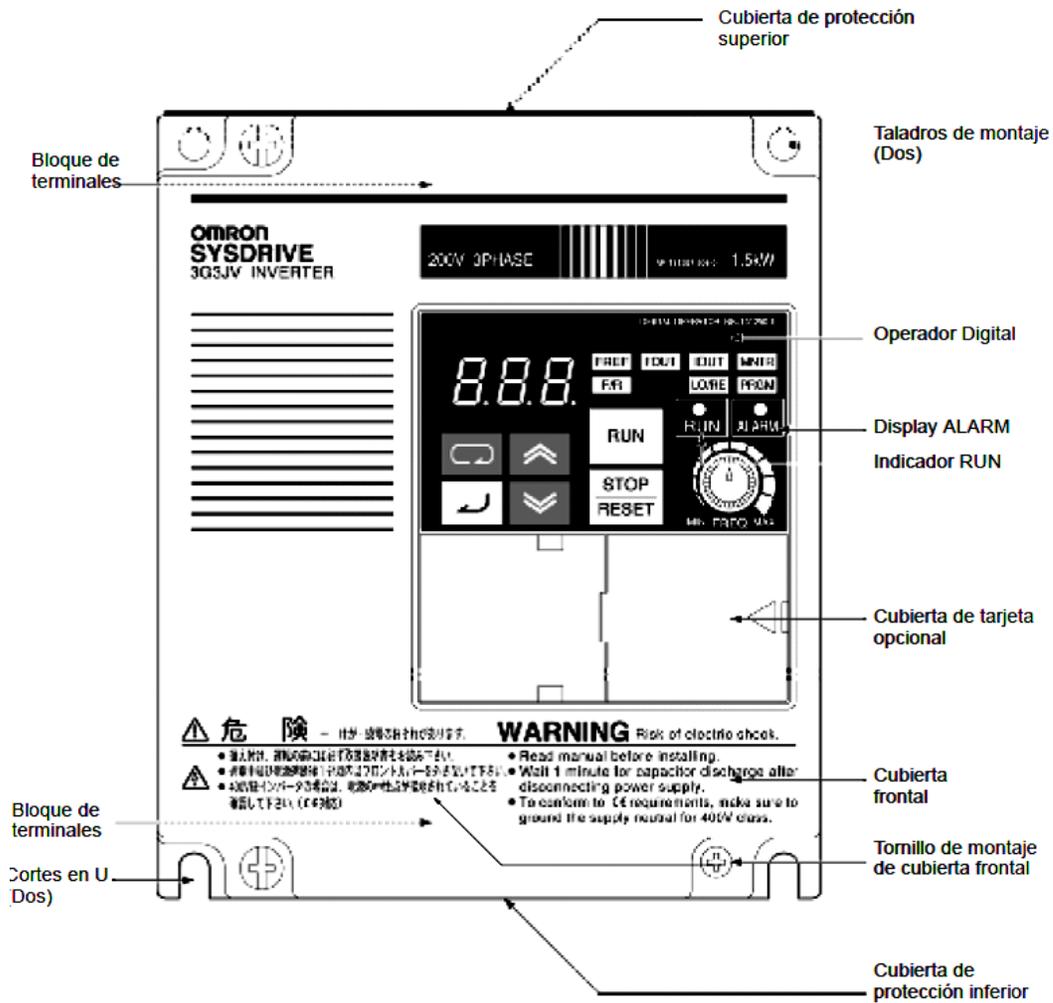
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Controls DO 8 Channel 8	Controls DO 7 Channel 7	Controls DO6 Channel 6	Controls DO 5 Channel 5	Controls DO DI 4 Channel 4	Controls DO 3 Channel 3	Controls DO 2 Channel 2	Controls DO 1 Channel 1

Fuente: catálogo WAGO Systems. p.3.

4.1.2.1.5. Variador de frecuencia

El variador de frecuencia compacto serie 3G3JX asegura una facilidad de uso mayor que cualquier modelo convencional. Este modelo cumple las directivas CE y las normas UL/cUL que permite su utilización en cualquier lugar del mundo.

Figura 60. Partes variador de frecuencia



Fuente: Manual de operación OMRON SYSDRIVE. p. 3.

Figura 61. Pantalla principal variador de frecuencia



Fuente: Manual de operación OMRON SYSDRIVE. p. 4.

Tabla III. Funciones básicas variador de frecuencia

Aspecto	Nombre	Función
	Display de datos	Muestra datos importantes, tales como referencia de frecuencia, frecuencia de salida y valores seleccionados de parámetros.
	Potenciómetro FREQ	Selecciona la referencia de frecuencia en un rango entre 0 Hz y la frecuencia máxima.
	Indicador FREF	Cuando este indicador está encendido se puede monitorizar o seleccionar la referencia de frecuencia.
	Indicador FOUT7	Mientras este indicador está encendido se puede monitorizar la frecuencia de salida del convertidor.
	Indicador IOUT	Mientras este indicador está encendido se puede monitorizar la corriente de salida del convertidor.
	Indicador MNTR	Mientras este indicador está encendido se monitorizan los valores seleccionados en U01 a U10.
	Indicador F/R	La dirección de rotación se puede seleccionar mientras este indicador está encendido cuando se controla la operación del convertidor con la tecla RUN.
	Indicador LO/RE	Cuando este indicador está encendido se puede seleccionar la operación del convertidor a través del Operador Digital o de acuerdo con los parámetros seleccionados. Nota El estado de este indicador sólo se puede monitorizar cuando el convertidor está operando. Toda entrada de comando RUN se ignora mientras este indicador está encendido.
	Indicador PRGM	Los parámetros en n01 a n79 se pueden seleccionar o monitorizar mientras este indicador está encendido. Nota Mientras el convertidor está operando, los parámetros sólo se pueden monitorizar y sólo algunos parámetros se pueden cambiar. Toda entrada de comando RUN se ignora mientras este indicador está encendido.
	Tecla de Modo	Cambia secuencialmente los indicadores de selección y de monitorización de parámetro. Se cancelará el parámetro que se está seleccionando si se pulsa esta tecla antes de validar la selección.
	Tecla Más	Aumenta los números de monitorización multifunción, números de parámetro y valores seleccionados de parámetro.
	Tecla Menos	Disminuye los números de monitorización multifunción, números de parámetro y valores seleccionados de parámetro.
	Tecla Enter	Valida los números de monitorización multifunción, números de parámetro y valores de datos internos después de ser seleccionados o cambiados.
	Tecla RUN	Inicia la marcha del 3G3JV cuando está siendo operado mediante el Operador Digital.
	Tecla STOP/RESET	Para el convertidor a no ser que el parámetro n06 no esté seleccionado para inhibir la tecla STOP.

Fuente: Manual de operación OMRON SYSDRIVE. p. 4.

4.1.2.1.6. Fuente de poder

Dentro del panel se encuentra una fuente de poder WAGO la cual alimenta a los dispositivos WAGO-I/O-SYSTEM 750.

Figura 62. Fuente de poder WAGO



Fuente: catalogo WAGO Systems. p. 1.

Cuando se instalen los elementos eléctricos, se recomienda dejar siempre un espacio prudente que permita la disipación natural del calor generado por dichos elementos.

Figura 63. **Elementos eléctricos instalados**



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

4.1.3. Instalación de contactores magnéticos

Si se ha de desconectar la fuente de alimentación para el circuito principal debido a la secuencia programada, se puede utilizar un contactor magnético en vez de un interruptor automático de estuche moldeado.

Se debe tener en cuenta que cuando se instala un contactor magnético en el primario del circuito principal para parar forzosamente la carga, no actúa el freno regenerativo y por lo tanto la carga para por parada libre.

Una carga se puede arrancar y parar abriendo y cerrando el contactor magnético en el primario. Sin embargo las maniobras frecuentes del contactor magnético pueden provocar daños en el convertidor y los demás elementos eléctricos.

Figura 64. **Contactador magnético**



Fuente: <http://www.remahe.es>. Septiembre 2011.

Todos los elementos eléctricos están protegidos con fusibles y resistencias para cortar la alimentación eléctrica, además se ha previsto de un indicador digital de panel para la indicación continua del estado y funcionamiento de los elementos.

Figura 65. **Protección de elementos eléctricos**



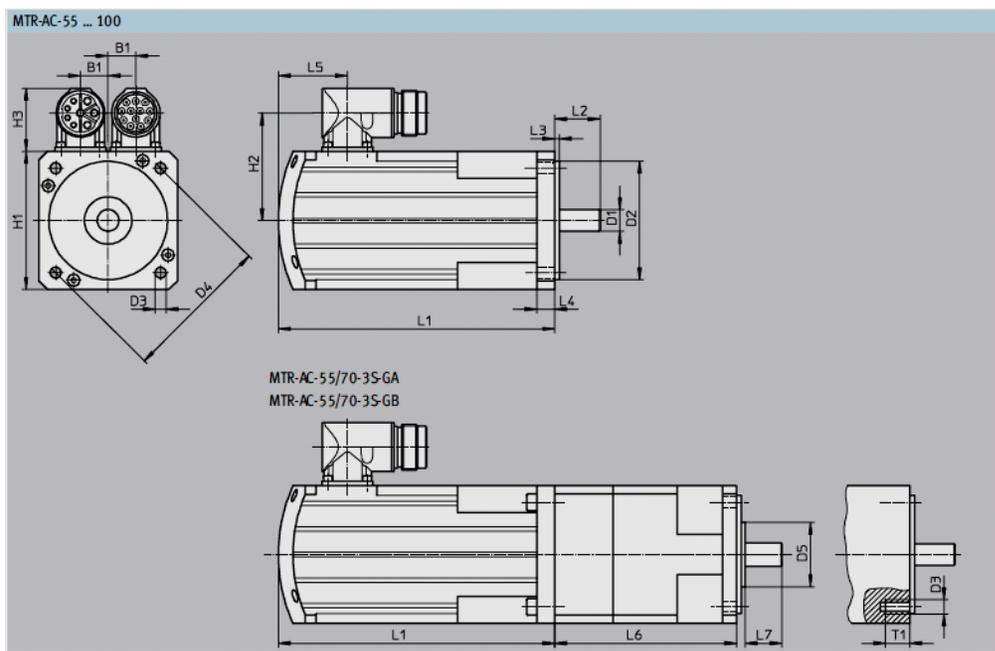
Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

Se cuenta con un amperímetro y un voltímetro para los elementos respectivos, para medir la corriente y la tensión de entrada de alimentación. Se ha colocado resistencias para la ventilación interior del tablero, la cual está protegida por un fusible y comandada por un selector de tres posiciones (1- manual, 0-desconetado, 2- automático).

4.1.4. Instalación de los servomotores

Antes de realizar el montaje de los servomotores, se recomienda despejar el área de instalación, que esta no se encuentra obstruida por cadenas u objetos colgantes que puedan enredarse con los servomotores.

Figura 66. Dimensiones servomotor



Fuente: catálogo FESTO. p. 24.

Tabla IV. Dimensiones servomotor

Tipo	B1	D1 ∅	D2 ∅	D3 ∅	D4 ∅	D5	H1	H2	
MTR-AC-55-3S-AA	14	9 +0,01/+0,001	40 +0,011/-0,005	5,5	63	-	55	47	
MTR-AC-55-3S-AB									
MTR-AC-55-3S-GA	14	11 -0,018	40 -0,025	M5	52	17	60	47	
MTR-AC-55-3S-GB									
MTR-AC-70-3S-AA	14	11 +0,012/+0,001	60 +0,012/-0,007	5,5	75	-	70	54,5	
MTR-AC-70-3S-AB									
MTR-AC-70-3S-GA	14	12 +0,012/+0,001	60 +0,013/-0,009	5,5	75	32,5	70	54,5	
MTR-AC-70-3S-GB									
MTR-AC-100-3S-AA	19	19 +0,015/+0,002	95 +0,019/-0,009	9	115	-	100,5	70	
MTR-AC-100-3S-AB									
MTR-AC-100-3S-GA	19	24 +0,015/+0,002	95 +0,013/-0,009	9	115	-	100,5	70	
MTR-AC-100-3S-GB									
MTR-AC-100-5S-AA	19	19 +0,015/+0,002	95 +0,013/-0,009	9	115	-	100,5	70	
MTR-AC-100-5S-AB									
MTR-AC-100-5S-GA	19	24 +0,015/+0,002	95 +0,019/-0,009	9	115	-	100,5	70	
MTR-AC-100-5S-GB									
Tipo	H3	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	T1
MTR-AC-55-3S-AA	32,5	147,4	20	2,5 ±0,05	9	31	-	-	-
MTR-AC-55-3S-AB		164,4				48			
MTR-AC-55-3S-GA	32,5	147,4	35	±0,2	-	31	106,5	30	8
MTR-AC-55-3S-GB		164,4	±0,7			48		±0,2	
MTR-AC-70-3S-AA	32,5	139,8	22,7	2,5 -0,1	9	35	-	-	-
MTR-AC-70-3S-AB		161,8				57			
MTR-AC-70-3S-GA	32,5	139,8	23	4 -0,1	7	35	115,5 +0,8/-0,5	19	-
MTR-AC-70-3S-GB		161,8	±0,4			57		±0,3	
MTR-AC-100-3S-AA	32,5	171,2	40	3	9,8	37,9	-	-	-
MTR-AC-100-3S-AB		192,3				59			
MTR-AC-100-3S-GA	32,5	241,6	40	3	6,8	37,9	-	-	-
MTR-AC-100-3S-GB		262,7				59			
MTR-AC-100-5S-AA	32,5	273,2	40	3	9,8	37,9	-	-	-
MTR-AC-100-5S-AB		294,3				59			
MTR-AC-100-5S-GA	32,5	344,2	40	3	6,8	37,9	-	-	-
MTR-AC-100-5S-GB		365,3				59			

Fuente: catálogo FESTO. p. 25.

4.1.4.1. Montaje

Los servomotores deberán ser montados firmemente sobre una superficie seca y solida para asegurar una máxima transferencia de calor que permita la máxima potencia de salida y suministre una buena puesta a tierra. Los servomotores se fijaran con tornillos cabeza hexagonal de 13 milímetros, con 1 pulgada de largo y rosca ordinaria.

Figura 67. **Servomotor montado**



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

En la cabeza del servomotor, se colocara una placa de acero la cual servirá como ajuste para la tensión de la banda de transmisión. El ajuste se realiza con cuatro tornillos tipo Allen de 8 milímetros, con 1 pulgada de largo rosca ordinaria.

Figura 68. **Placa de acero a la cabeza del servomotor**



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

4.1.5. Instalación de elementos de transmisión

El antiguo sistema de transmisión estaba compuesto en su mayoría por cadenas de transmisión y engranes de dientes rectos, los cuales serán sustituidos por poleas dentadas y bandas de sincronización.

4.1.5.1. Poleas dentadas

Para la transmisión entre dos ejes que estén separados a una distancia donde no sea económico o técnicamente imposible montar una transmisión por engranajes se recurre a un montaje con poleas dentadas que mantienen las mismas propiedades que los engranajes, es decir, que evitan el patinamiento y mantienen exactitud en la relación de transmisión.

Los datos más importantes de las poleas dentadas son:

- Número de dientes
- Paso
- Ancho de las poleas dentadas

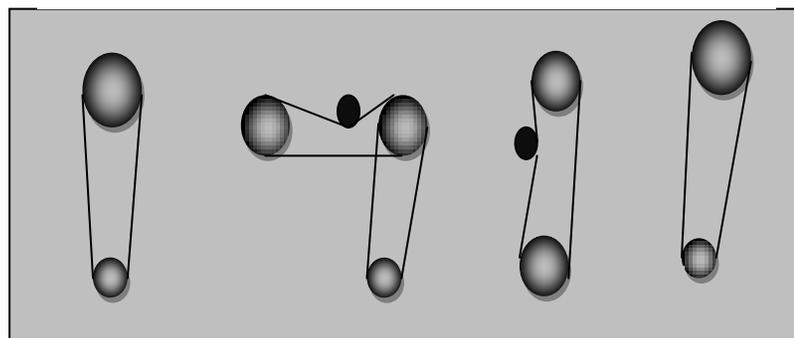
En el sistema de empaque se instalarán el siguiente juego de poleas dentadas:

Tabla V. **Poleas utilizadas en el montaje del nuevo sistema de empaque**

Polea dentada	No. De dientes	Paso (mm.)	Ancho de la polea (pulg.)
1	36	4	1
2	18	4	1
3	36	4	1
4	36	4	1
5	18	4	1
6	24	4	1
7	24	4	1
8	36	4	1
9	18	4	1

Fuente: elaboración propia.

Figura 69. **Ubicación de poleas**



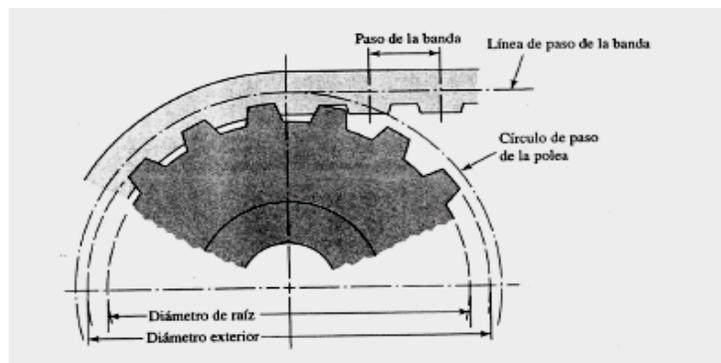
Fuente: elaboración propia.

Además se instalarán dos tensores para ajustar la tensión de las bandas de transmisión (A y B en la figura anterior).

4.1.5.2. Bandas de sincronización

Una banda de sincronización se hace con tela impregnada de caucho con alambre de acero, a fin de resistir la carga de tensión. Tiene dientes que entran en ranuras axiales formadas en la periferia de las poleas (ver figura). Una banda de sincronización no se estira ni desliza, y en consecuencia transmite potencia a una relación constante de velocidad angular. No requieren lubricación y son mas silenciosas que las transmisiones por cadenas, por lo tanto son una solución atractiva para requisitos de transmisión de precisión.

Figura 70. Geometría de las bandas y poleas de sincronización



Fuente: SHIGLEY, Joseph E. Manual de diseño mecánico. p. 815.

El alambre de acero, o elemento de tensión de una banda de sincronización se ubica en la línea de paso de la banda. De esta manera, la longitud de pasos es la misma sin importar el espesor del respaldo.

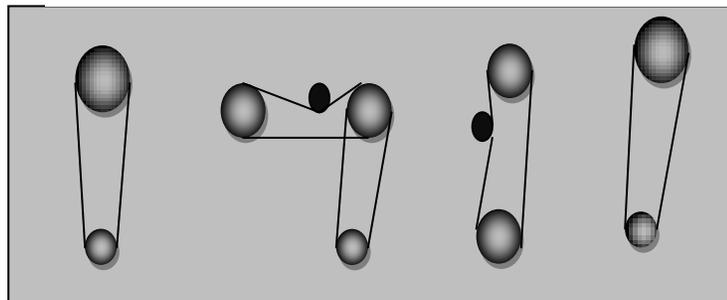
En el sistema de empaque se instalara el siguiente juego de bandas de sincronización:

Tabla VI. **Bandas de sincronización utilizadas en el montaje del nuevo sistema de empaque**

Banda de sincronización	
A	390L
B	420L
C	345L
D	510H
E	345L

Fuente: elaboración propia.

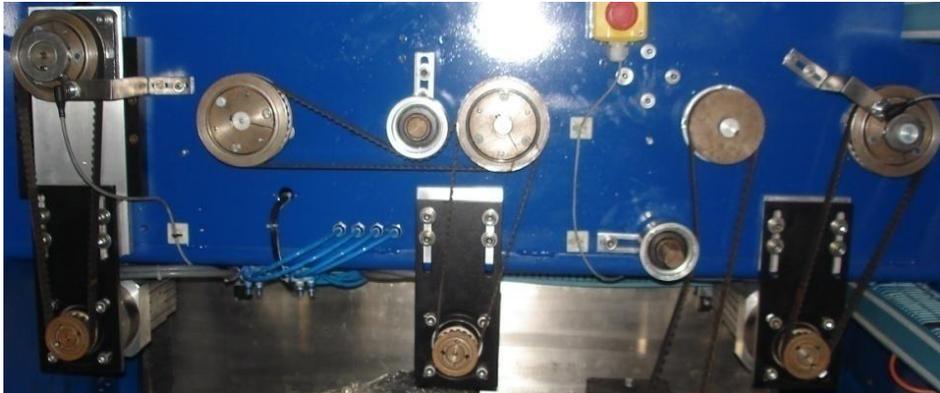
Figura 71. **Ubicación de bandas de sincronización**



Fuente: elaboración propia.

La tipo L tiene 1/8 de pulgada de paso, la tipo H tiene 1/2 de pulgada de paso. Los números que se encuentran antes de la letra nos indicaran el largo de la banda de sincronización en pulgadas.

Figura 72. **Sistema de transmisión**



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

4.1.6. Instalación de conectores eléctricos rotativos

El antiguo sistema de empaque, en el sistema de mordazas cuenta con anillos colectores convencionales. Estos anillos necesitan un mantenimiento continuo para evitar la degradación de la conexión eléctrica rotativa causada por el desgaste normal y los residuos. Estos anillos serán remplazados por conectores eléctricos rotativos (Mercotac), los cuales no necesitan mantenimiento, obteniendo los siguientes beneficios:

- Mayor confiabilidad
- Ruido eléctrico extremadamente bajo
- Duradero, compacto y de bajo costo
- Área de cojinetes sellada
- Larga vida

Figura 73. **Conectores eléctricos rotativos**

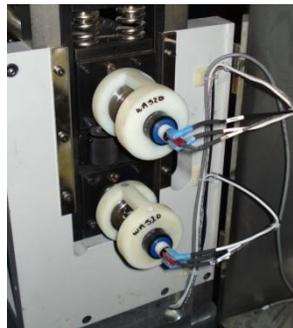


Fuente: www.mercotac.com. Septiembre 2011.

Los conectores eléctricos rotativos van instalados dentro de la guarda de mordazas sello-cortadoras. El procedimiento de reemplazo es el siguiente:

- Desenergizar la máquina y espere que el sistema se enfríe
- Utilice una llave tipo Allen de 8 milímetros para quitar los cuatros tornillos que sujeta la base de los anillos
- Desconectar los anillos y quitarlos
- Colocar los nuevos conectores y conectarlos
- Colocar la base de fijación y apretar los tornillos

Figura 74. **Conectores eléctricos rotativos montados**

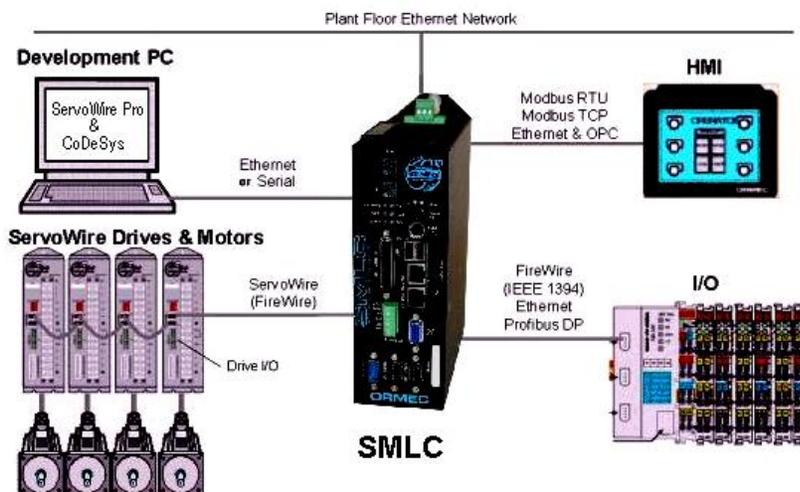


Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

4.1.7. Diagrama de red estructurada del nuevo sistema de empaque

El diagrama de red estructurada del sistema de empaque se realizó en base a los diagramas de conexión de los fabricantes de los diferentes componentes eléctricos, para obtener el mejor rendimiento a bajo costo.

Figura 75. Diagrama de red estructurada



Fuente: manual de instalación y operación ORMEC *Systems Corp.* p. 15.

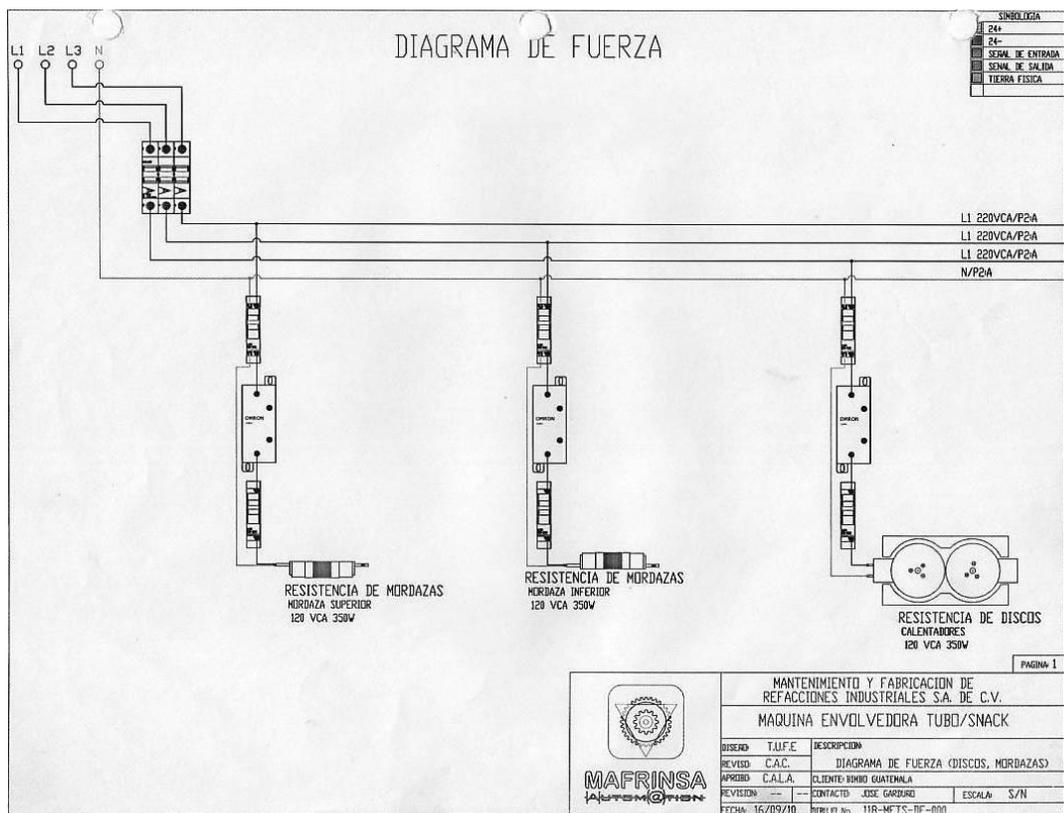
4.2. Automatización del sistema de empaque

La maquina debe ser flexible a los cambios de producto, por lo tanto la automatización de la misma es un parámetro importante para alcanzar las especificaciones del proceso.

4.2.1. Realización del diagrama eléctrico de fuerza y control

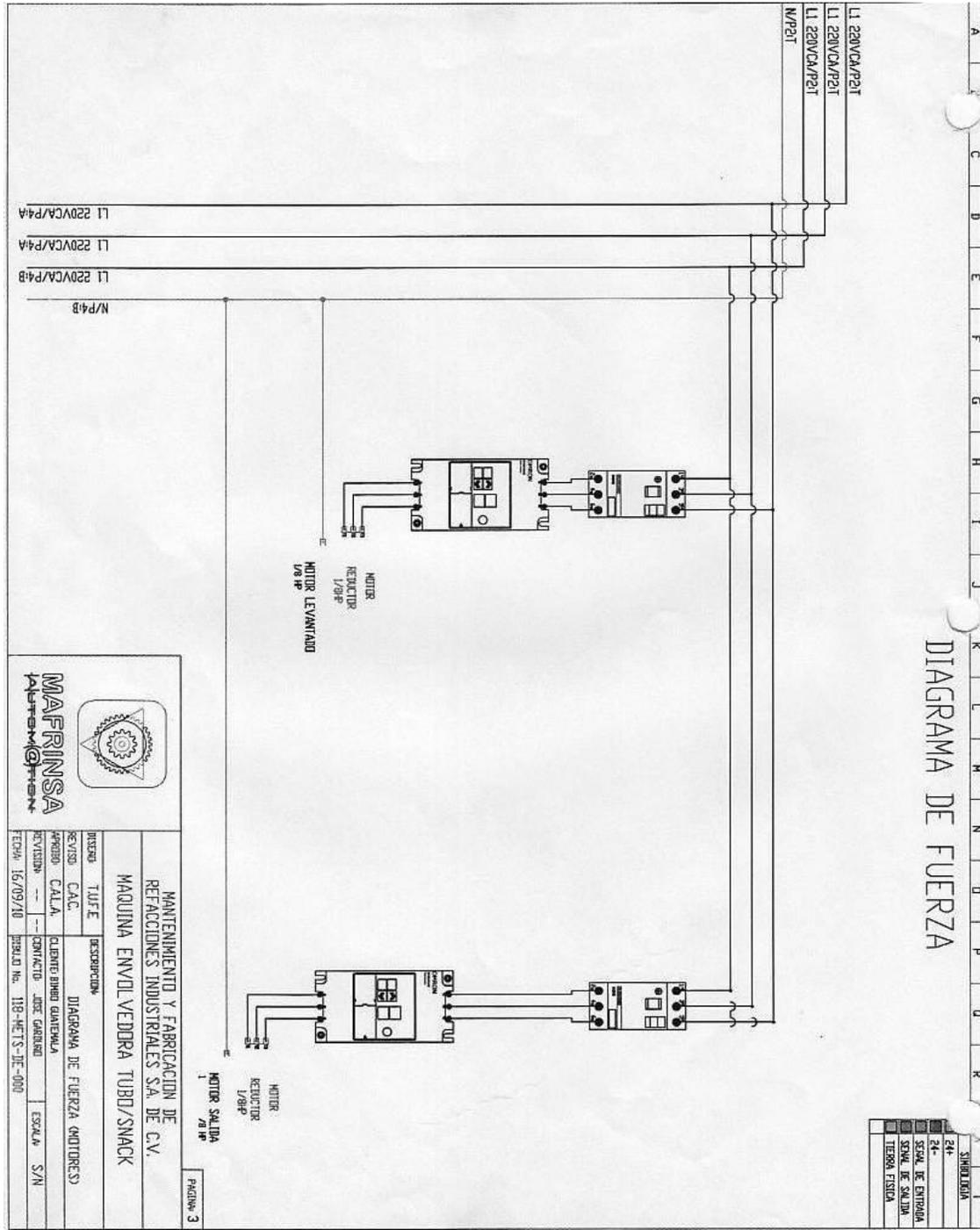
La realización del diagrama eléctrico del nuevo sistema de empaque está basado en los diagramas de los diferentes dispositivos proporcionados por el fabricante, lo cual nos identificara las señales de arranque de los dispositivos y el paro de emergencia que van al SMC. El demás cableado alimentara los diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos lo cual se detalla claramente en los diagramas.

Figura 76. Diagrama de fuerza sistema de empaque



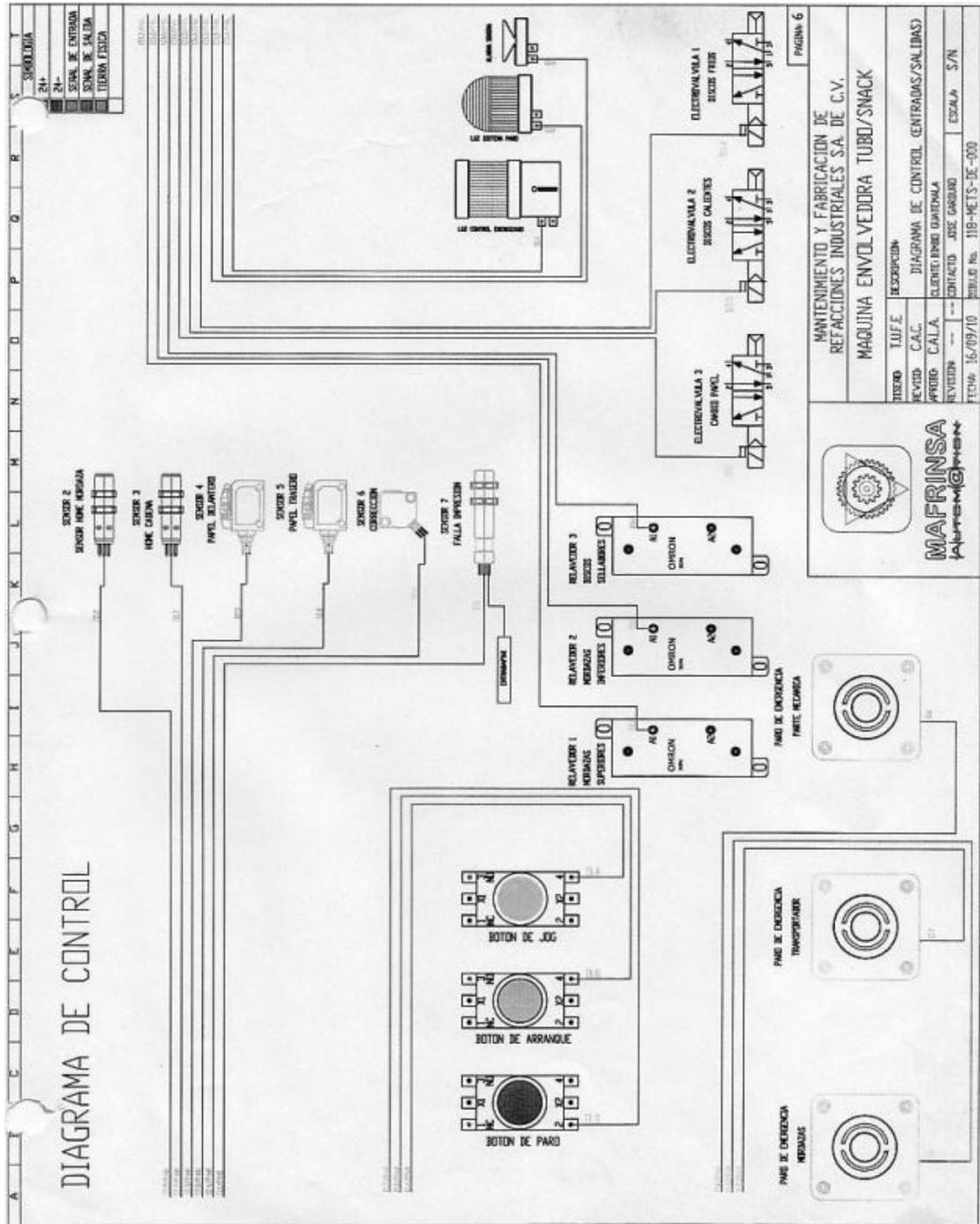
Fuente: MAFRINSA.

Figura 77. Diagrama de fuerza sistema de empaque



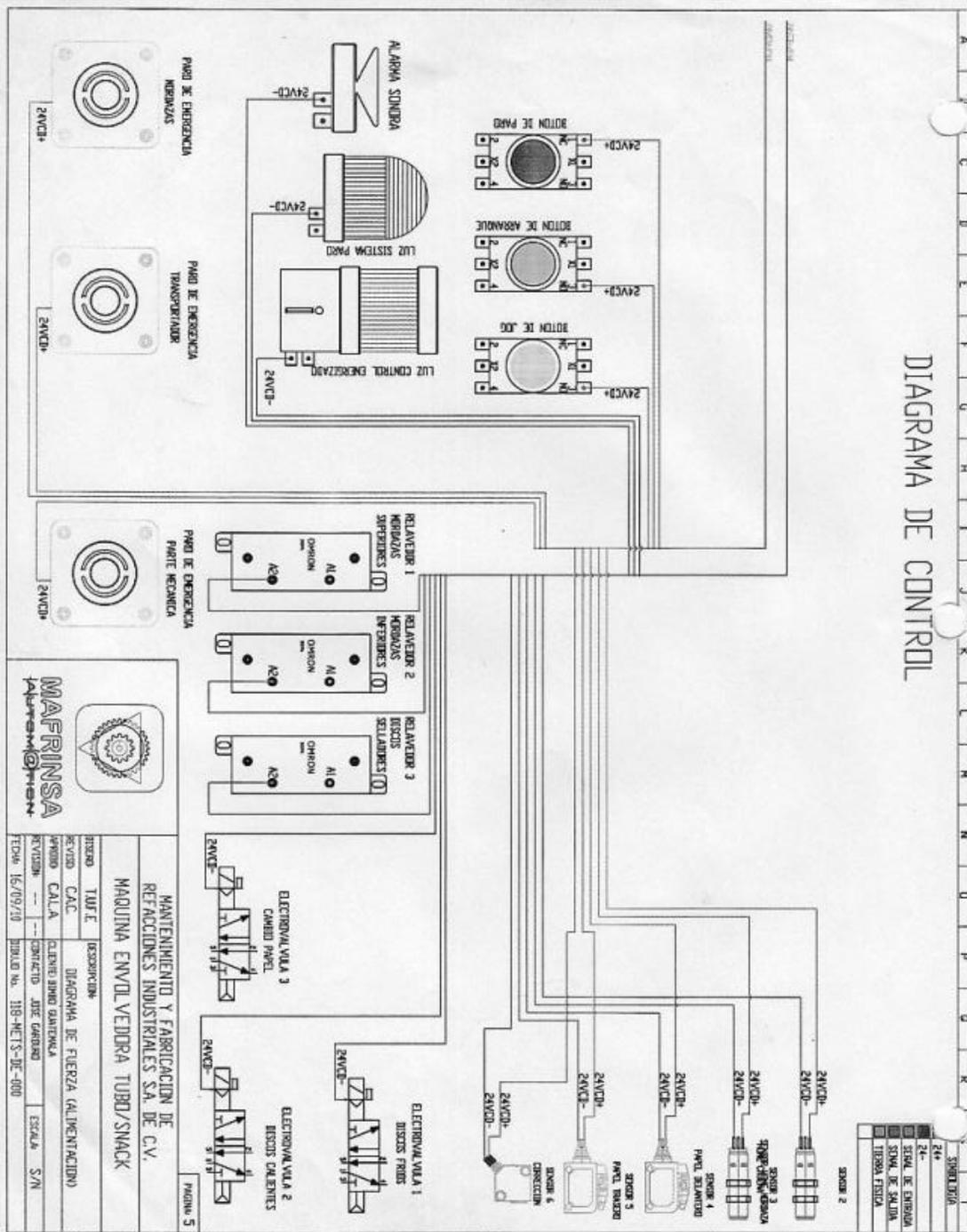
Fuente: MAFRINSA.

Figura 78. Diagrama de control sistema de empaque



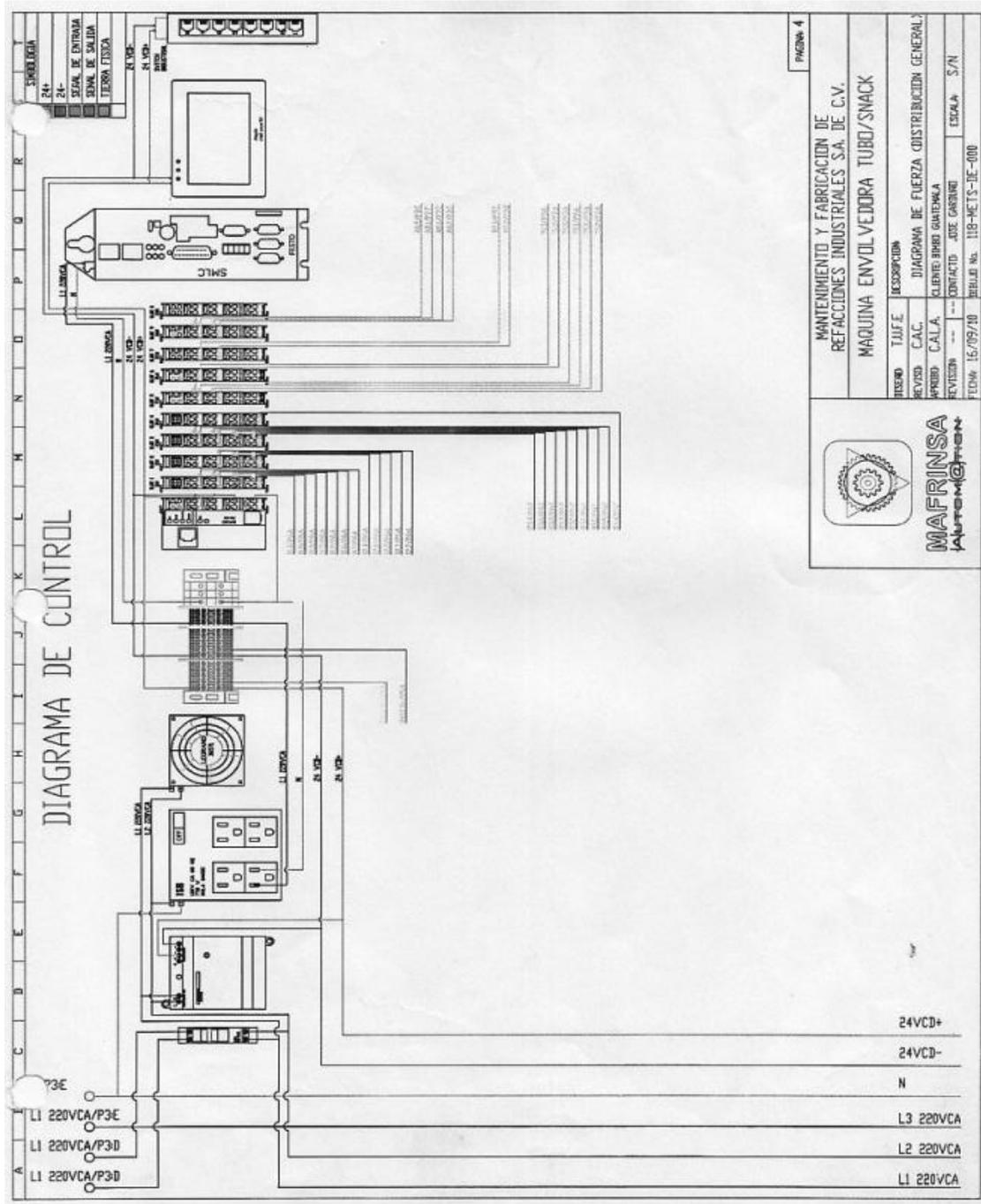
Fuente: MAFRINSA.

Figura 79. Diagrama de control sistema de empaque



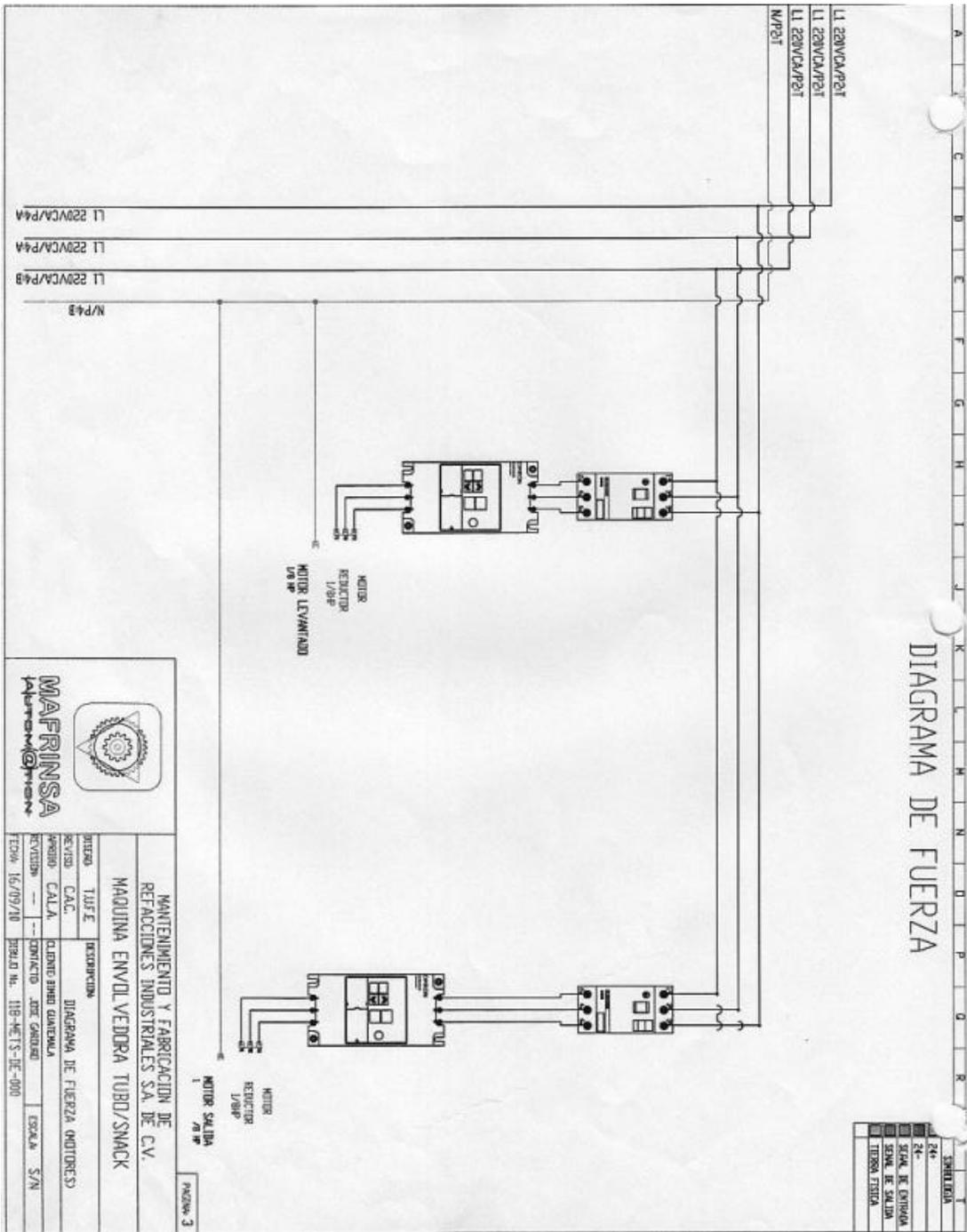
Fuente: MAFRINSA

Figura 80. Diagrama de control sistema de empaque



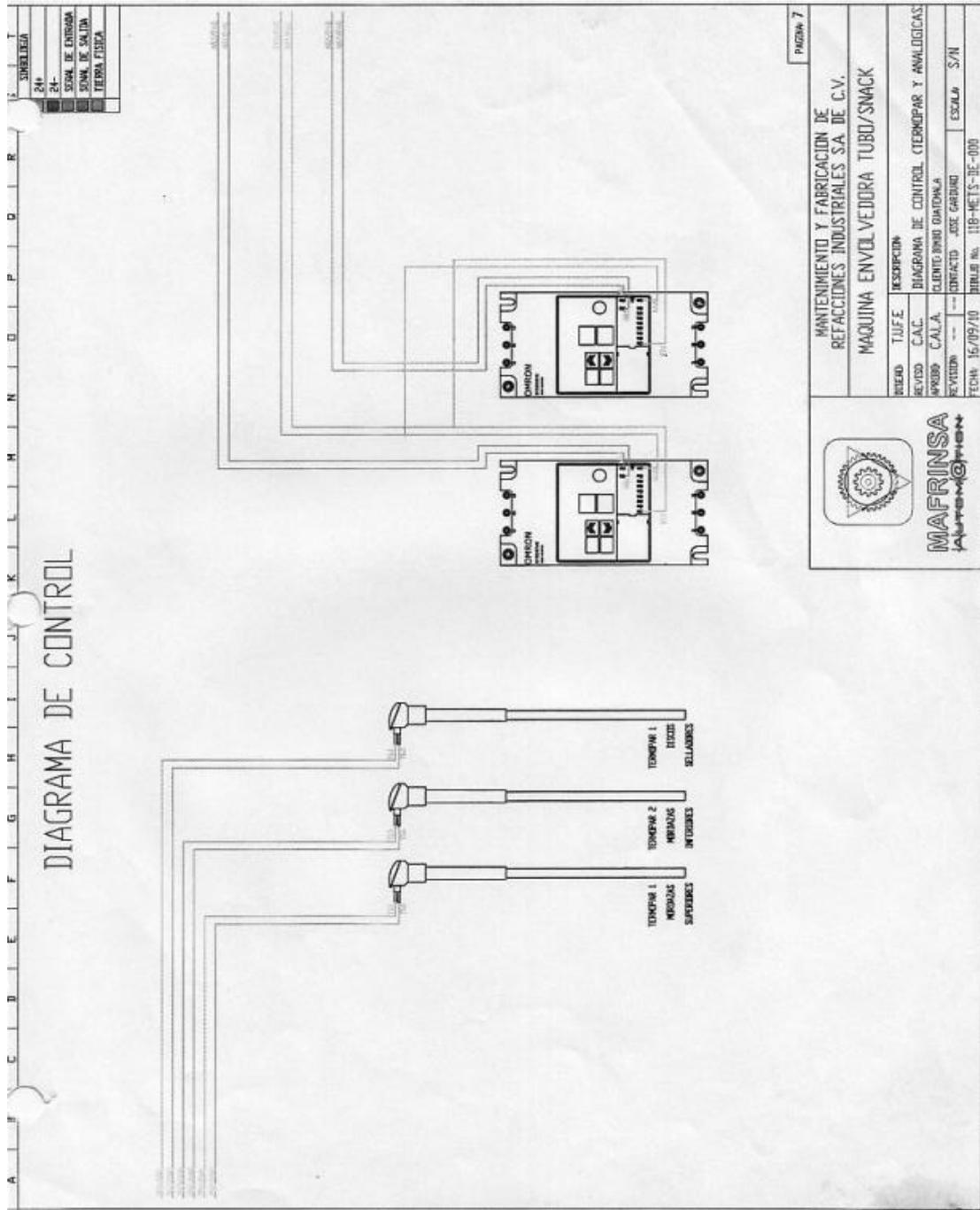
Fuente: MAFRINSA.

Figura 81. Diagrama de fuerza sistema de empaque



Fuente: MAFRINSA.

Figura 82. Diagrama de control sistema de empaque

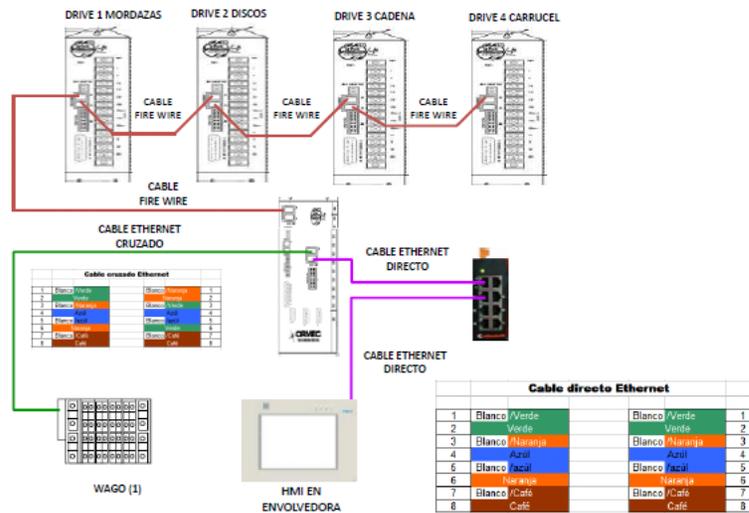


Fuente: MAFRINSA.

4.2.2. Configuración de cables de comunicación

Los cables de comunicación de los elementos eléctricos serán instalados dentro del panel principal, dichos cables van montados sobre puestos dentro de una canaleta de cableado de 6 centímetros de ancho y 120 centímetros de largo en forma rectangular. El panel cuenta con guarda de seguridad la cual los protege de agentes externos.

Figura 83. Configuración cables de comunicación sistema de empaque



Fuente: MAFRINSA.

La conexión de todos los elementos eléctricos corre a cargo del personal enviado por el proveedor de los elementos, esto por motivos de garantía de todos los dispositivos.

Figura 84. Sistema eléctrico empacadora



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

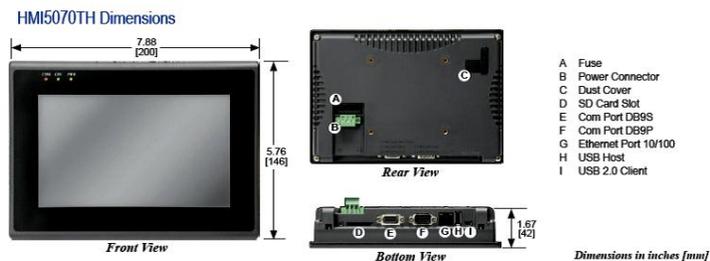
4.2.3. Instalación del panel de control (Panel View)

El panel de control que se instalará es del tipo pantalla táctil a color, ya que este tipo de panel es de fácil manejo y se adapta a las condiciones requeridas.

4.2.3.1. Dimensiones de montaje

En esta sección se definen diversas características del panel view para su montaje.

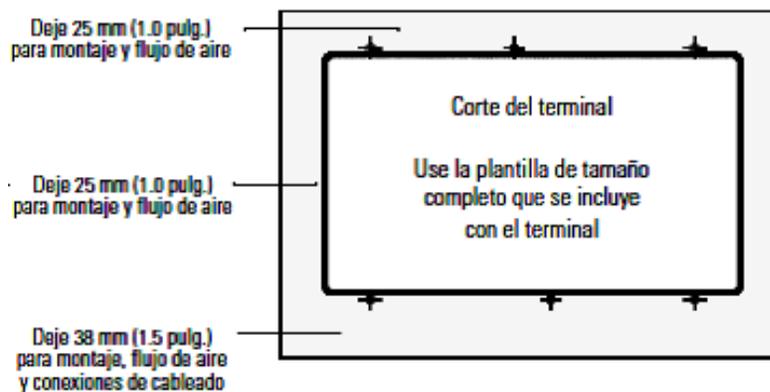
Figura 85. Panel View



Fuente: manual de instalación HMI5070TH. p. 2.

Al instalar el panel, se debe dejar espacio suficiente para el montaje, la ventilación, el mantenimiento y cualquier otra actividad que se desee realizar al panel.

Figura 86. Dimensiones de instalación panel *View*

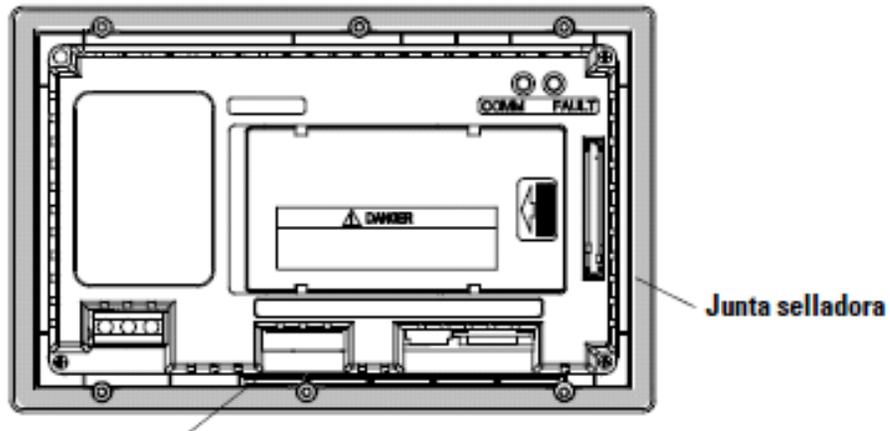


Fuente: manual de instalación Allen-Bradley. p. 4.

4.2.3.2. Procedimiento de instalación

- Desconectar todas las fuentes de alimentación eléctrica del panel antes de realizar el montaje.
- Asegurarse de que el área que rodea al corte del panel este despejada.
- Tomar precauciones para que no entren recortes metálicos en ningún componente ya instalado en el panel.
- Asegurarse de que la junta selladora este colocada correctamente en la terminal (tal como se muestra en la figura). Esta junta crea un cierre por compresión. No usar compuestos de sellado.

Figura 87. Junta selladora panel View



Fuente: manual de instalación Allen-Bradley. p. 5.

- Colocar el panel View en el corte previamente realizado
- Instalar las contratuercas y tornillos Phillips
- Apretar con un destornillador tipo Phillips

Figura 88. Vista posterior y frontal panel View



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, departamento de mantenimiento.

4.3. Montaje de la empacadora servocontrolada

La empacadora servocontrolada se colocara sobre un piso bien nivelado y se apoyara sobre plásticos de fijación y niveladores. Los pasos principales son:

- Nivelación del equipo
- Verificar que el equipo antes de energizar
- Conexión de la energía y puesta a tierra
- Ensamblaje de la empacadora con otros equipos que la anteceden

Para desplazamientos convendrá trasladarlos con montacargas sobre paletas de madera.

Figura 89. Empacadora servocontrolada vista frontal



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, línea de galletería.

Los demás equipos que conforman el nuevo sistema de empaque (bobina de aportación, banda de entrada, banda de salida, discos caliente, discos fríos, mordazas selladoras) no fueron desmontados del antiguo sistema, solamente se acondicionaron y ajustaron para el nuevo sistema de empaque.

Figura 90. **Empacadora servocontrolada vista posterior**



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, línea de galletería.

4.4. Programas de mantenimiento preventivo para el nuevo sistema de empaque

Para realizar un correcto mantenimiento del sistema de empaque y evitar el posterior desgaste y deterioro de sus partes, se realizó el siguiente programa de mantenimiento preventivo.

4.4.1. Realización de procedimiento de mantenimiento preventivo del sistema de empaque

El mantenimiento preventivo nos llevará a un nivel confiable de operación del sistema de empaque, para estar seguros que todos los sistemas funcionan sin ninguna falla y que no ocurran contratiempos en el momento que se vaya a operar la máquina.

El mantenimiento preventivo se tiene planificado realizarse cada seis meses a las partes mecánicas de la empacadora, basándonos en el plan de mantenimiento y limpieza de la planta, y una vez al año se hará el ajuste de las frecuencias de mantenimiento, si las fallas son demasiado altas se tendrá que reducir la frecuencia de mantenimiento.

Como ya se indico anteriormente, la máquina empacadora cuenta con guardas frontales y posteriores que permiten el fácil acceso para realizar el mantenimiento de los diferentes componentes del sistema de empaque. Estas guardas cuentan con un dispositivo de seguridad que detiene la empacadora en caso de abrirlas durante la operación de mantenimiento.

Servomotor

- El servomotor dispone de lubricación permanente y no dispone de mantenimiento
- Limpiar servomotor

Cadenas

- Lubricar
- Alinear
- Hacer limpieza general
- Ajustar
- Cambiar si es necesario

Sistema de manejo de papel

- Dar mantenimiento profundo a motor de avance
- Cambiar rodamientos de rodillos atorados de manejo de papel
- Cambiar rodamientos de rodillo portabobina

Discos selladores y fríos

- Engrasar engranes, bujes y levas
- Ajustar juego entre engranes y bujes
- Cambiar pieza en mal estado
- Cambiar rodamiento en mal estado
- Limpiar área de metadiamétrico

Bandas de sincronización

- Revisar estado físico
- Revisar ruptura y/o desgaste
- Revisar alineación
- Cambiar si es necesario

Sistema eléctrico

- Eliminar polvo, grasa y aceite
- Revisar calentamiento de la acometida
- Revisar condición física del aislante
- Limpiar botones de operación

Estructura

- Cambiar sellos armaflex de puertas en mal estado
- Colocar diagrama eléctrico
- Eliminar óxido y polvo
- Pintar si es necesario

Guardas y tapas de seguridad

- Colocar guardas y tapas en su lugar
- Ajustar fijación de las mismas
- Colocar tornillos faltantes
- Eliminar cables cintas o plásticos que bloqueen micros de seguridad

General

- Probar funcionamiento
- Realizar limpieza en áreas indicadas para mantenimiento
- Verificar rótulos de seguridad se encuentre en buen estado, de no ser así reemplazarlas

4.4.2. Capacitación de personal operativo

La capacitación del personal operativo en este caso los mecánicos, serán capacitados por el jefe de mecánicos encargado, quien impartirá 5 capacitaciones a sus mecánicos en horario de 8 A.M a 12 P.M para describir el funcionamiento, partes principales de los equipos, como hacer el mantenimiento preventivo al sistema y la instalación de cada uno de los componentes del nuevo sistema de empaque de la línea de galletas.

El personal a cargo del mantenimiento preventivo del nuevo sistema de empaque serán los mecánicos designados por el jefe de mecánicos encargado del mantenimiento de las máquinas empacadoras de la planta, el dará los lineamientos y el formato de mantenimiento preventivo propuesto para que el personal previamente capacitado realicen las rutinas de mantenimiento a cada uno de los equipos de empaque que conforman todo el nuevo sistema de empaque de la línea de galletas para prolongar la vida de los equipos.

CONCLUSIONES

1. Para montaje e instalación del nuevo sistema de empaque se establecieron puntos estratégicos de instalación, esto con el fin de no alterar la producción dentro de la planta. Se utilizaron planos de ubicación del equipo de empaque antiguo, con el objeto de determinar los espacios mínimos entre los equipos que se encuentran en el área destinada para el montaje.
2. Como parte del plan de montaje de la empacadora tipo horizontal controlada por servomecanismos, el departamento de mantenimiento coordinó actividades generales con los departamentos de: producción, sanidad, despacho y proveedores asignados al montaje.
3. El sistema de servomecanismos vino a sustituir todos los elementos mecánicos que conformaban el equipo de empaque anterior, reduciendo el trabajo de mantenimiento preventivo, paro por fallas y sincronización de todos los elementos que conforman el sistema de empaque, agilizando y facilitando el trabajo y manipulación del equipo.
4. Para la instalación del sistema de servomecanismos se contó con personal capacitado con amplio conocimiento del sistema y operación del equipo, para delegar en él la responsabilidad de las pruebas en el arranque.

5. Dentro de los aspectos a tomar en cuenta para la selección de los elementos que conforman el nuevo sistema de empaque, es necesario mencionar que se realizó la fabricación de algunos, además, se tomaron partes del viejo sistema, las cuales fueron reacondicionadas para que operen en el nuevo sistema. Los demás elementos que se utilizaron fueron seleccionados en base a compatibilidad con el anterior sistema de empaque, costos y demandas de producción.
6. Se estableció el programa de mantenimiento preventivo en base a los manuales proporcionados por los fabricantes de los diferentes equipos, y según las pruebas previas a la instalación y montaje de la empacadora tipo horizontal controlada por servomecanismos, entrará en funcionamiento dicho programa.
7. La capacitación del personal operativo y la aplicación adecuada del mantenimiento preventivo de la empacadora controlada por servomecanismos es importante en el inicio del nuevo ciclo de operación del sistema, para garantizar un óptimo desempeño a lo largo de la vida útil del equipo. Todo el personal debe estar comprometido con el aprendizaje del funcionamiento de los elementos y equipos que conforman la empacadora tipo horizontal controlada por servomecanismos.

RECOMENDACIONES

1. Programar el mantenimiento preventivo y la rutina de lubricación con las frecuencias definidas y establecidas en el programa de mantenimiento preventivo, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.
2. Se debe hacer la revisión diaria al almacén de repuestos para que este cuente con las refacciones críticas, como: variadores de frecuencia, servomotores, *drivers*, engranes de sincronización, bandas de transmisión; ingresando el informe de la revisión a la base de datos del almacén, esto con el fin de que el límite mínimo de refacciones críticas en existencia no sea menor a dos.
3. Se debe contar con una copia digital e impresa del manual de usuario certificado por el fabricante del nuevo sistema de empaque controlado por servomecanismos, así como de cualquier elemento nuevo que se sustituya, para realizar una inspección antes de su instalación.
4. El control y sincronización de la empacadora tipo horizontal controlada por servomecanismos, se debe realizar según el manual de operación aprobado por el departamento de mantenimiento y el departamento de seguridad laboral.
5. Realizar la capacitación del personal para su adaptación a las nuevas condiciones de operación durante el cambio y mejoras en el ambiente laboral por reducción de trabajos y operaciones alternas después de los cambios.

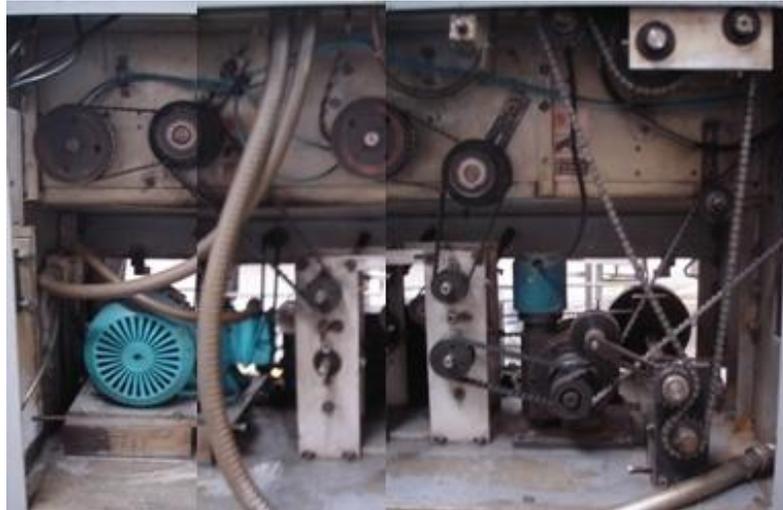
BIBLIOGRAFÍA

1. Festo AG. *Festo automation* [en línea]. Alemania: 2000-2009 [ref. de agosto 2011]. Disponible en Web: <http://www.festo.com>.
2. Ficha Técnica WA-520 SERVP 22AW. *Sociedad industrial equipos y servicios*. México: SIES, 2011. 10 p.
3. Grupo Bimbo. *BIMBO* [en línea]. México: 2011 [ref. de julio 2011]. Disponible en Web: <http://www.grupobimbo.com.mx>.
4. KOSOW, Irving L. *Maquinas eléctricas y transformadores*. 2ª ed. México: Prentice Hall, 1993. 704 p.
5. Manual de Operación y Mantenimiento FMC-WA-520. Guatemala: Grupo Corporativo Bimbo, 2010. 50 p.
6. Manual de Usuario: *SLC Servo Control Module*. Nueva York: Festo Automation, 2009. 44 p.
7. Mercotac. *MERCOTAC* [en línea]. California [ref. septiembre 2011]. Disponible en Web: <http://www.mercotac.com>.
8. Mitsubishi Electric Europe B.V. *Mitsubishi Electric*. España [en línea] 2011 [ref. de agosto 2011]. Disponible en Web: <http://www.mitsubishi-automation.es>.

9. Mitsubishi Electric. *Soluciones para la industria de packaging de alta velocidad*. España: Mitsubishi, 2007. 16 p.
10. MOTT, Robert. *Diseño de elementos de máquinas*. 4ª ed. México: Prentice Hall, 2006. 944 p.
11. NORTON, Robert L. *Diseño de máquinas*. 3ª ed. España: Prentice Hall, 1999. 1048 p.
12. Remahe. *Reparación de máquinas herramientas* [en línea] Madrid [ref. septiembre 2011]. Disponible en Web: <http://www.remahe.es>.
13. SHIGLEY, Joseph E. *Diseño en ingeniería mecánica*. 8ª ed. México: McGraw-Hill, 2008. 915 p.
14. ----- . *Manual de diseño mecánico*, 4ª ed. México: McGraw-Hill, 1989. 915 p.

ANEXOS

Figura 93. **Antiguo sistema de transmisión**



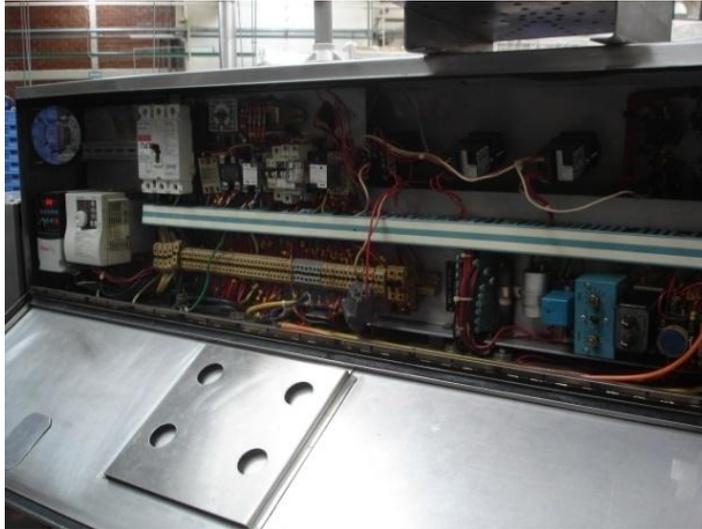
Fuente: grupo Bimbo Guatemala, línea de galletería.

Figura 94. **Nuevo sistema de transmisión**



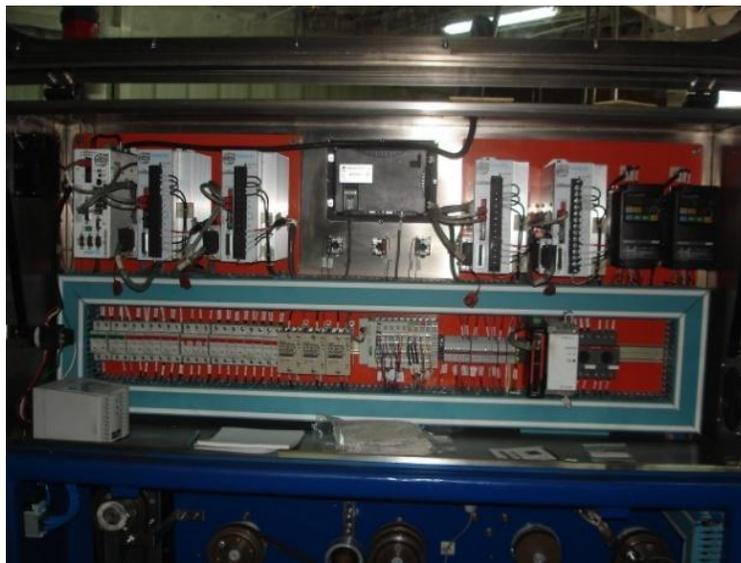
Fuente: grupo Bimbo Guatemala, línea de galletería.

Figura 95. **Antiguo sistema eléctrico**



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, línea de galletería.

Figura 96. **Nuevo sistema eléctrico**



Fuente: grupo Bimbo Guatemala, línea de galletería.