

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**Escuela de Ingeniería Electrónica**



Modificación de despaletizado y paletizado Línea 2

*Coca-Cola Femsa de Costa Rica*

Informe final para optar por el título de Licenciado en Ingeniería Electrónica

Wilberth Real Durán

200405353

Cartago, Junio 2013

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

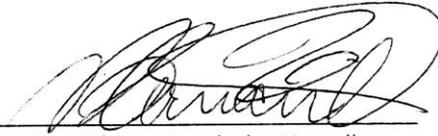
**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**TRIBUNAL EVALUADOR**

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Marvin Hernández Cisneros  
Profesor asesor

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Néstor Hernández Hostaller  
Profesor lector

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Cartago, junio 24, 2013

## Tabla de contenido

RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. Capítulo 1. COCA-COLA FEMSA DE COSTA RICA.....	12
1.1 Descripción general de la empresa Coca-Cola Femsa de Costa Rica .....	12
1.2 Departamento en el que se realiza el proyecto .....	13
2. Capítulo 2. MODIFICACIÓN DEL ENTARIMADO EN LA LÍNEA 2 .....	14
2.1 Descripción del problema .....	14
2.2 Importancia del problema .....	19
2.3 Antecedentes .....	19
3. Capítulo 3. MARCO TEÓRICO.....	20
3.1 Factores físicos, mecánicos y electrónicos del sistema.....	20
3.1.1 Activación de electroválvulas mediante tensión y aire .....	20
3.2 Componentes más relevantes del sistema .....	22
3.2.1 PLC Siemens S7-300.....	22
3.2.2 Sensores fotoeléctricos Sense OR3K-VF-SF .....	23
3.2.3 Pantalla Siemens TP 177 .....	25
3.2.4 Electroválvula FESTO VUVB/VTUB-20.....	26
3.2.5 Variadores de frecuencia Danfoss VLT Serie 200 .....	27
3.2.6 Motores AC de 220VAC.....	32
3.2.7 Banda transportadora de Nitrilo.....	33
3.2.8 Contactores de potencia.....	34
3.2.9 Cajas de paso de seguridad de alimentación a motores .....	35
4. Capítulo 4. META Y OBJETIVOS .....	36
4.1 Meta.....	36
4.2 Objetivo general.....	36
4.3 Objetivos específicos .....	36
4.3.1 Objetivos específicos de hardware .....	36
4.3.2 Objetivos específicos de software a nivel de software .....	37

5.	Capítulo 5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	38
5.1	Bloque general del sistema de despaletizado y paletizado .....	38
5.1.1	Entradas.....	38
5.1.2	Salidas.....	39
5.2	Diagrama de bloques de segundo nivel del sistema de monitoreo y control de temperaturas en cámaras de refrigeración .....	39
5.2.1	Módulo de adquisición de datos .....	39
5.2.2	Unidad de control.....	41
5.2.3	Bloque de potencia.....	41
5.2.4	Bloque Neumático .....	42
5.2.5	Volteador de cajas.....	43
5.2.6	Circuito general del sistema modificado .....	47
5.3	Descripción del software.....	48
5.3.1	Programación .....	48
5.3.2	Diagrama de flujo del sistema modificado de despaletizado y paletizado línea 2 50	
5.4	Variadores de frecuencia.....	51
6.	Capítulo 6. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
6.1	Resultados.....	54
6.2	Conclusiones.....	56
6.3	Recomendaciones.....	57
7.	Capítulo 7. APÉNDICES .....	58
A.1	Resumen del proyecto .....	58
A.2	Bibliografía.....	59
A.3	Presupuesto .....	60

## Índice de figuras

Figura 1. Tarima de madera utilizada.....	14
Figura 2. Tarima plástica utilizada.....	15
Figura 3. Comparación visual de tamaño de las tarimas.....	16
Figura 4. Despaletizadora L2 KHS.....	17
Figura 5. Paletizadora L2 KHS.....	17
Figura 6. Entarimado tarima madera.....	18
Figura 7. Entarimado tarima plástica.....	18
Figura 8. Representación de posiciones y de sentido del flujo.....	20
Figura 9. Tipos de electroválvula.....	21
Figura 10. Ejemplo de electroválvula de doble bobina.....	21
Figura 11. Entradas y salidas analógicas y digitales del PLC S7.....	22
Figura 12. Funciones de control del PLC S7.....	23
Figura 13. Diseño externo del sensor Sense.....	24
Figura 14. Dimensiones del sensor reflectivo Sense.....	25
Figura 15. Configuración electrónica del sensor reflectivo Sense.....	25
Figura 16. Conexión de la pantalla TP 177 al PLC S7.....	26
Figura 17. Conexión de la pantalla con el software Win CC.....	26
Figura 18. Electroválvula FESTO VTUB-20.....	27
Figura 19. Conexión IP20.....	27
Figura 20. Alimentación del variador.....	27
Figura 21. Conexión del motor al variador.....	28
Figura 22. Diagrama interno del variador.....	29
Figura 23. Diseño frontal del variador VLT.....	30
Figura 24. Parámetros esenciales de programación en el variador.....	31
Figura 25. LEDs indicadores de operación del variador.....	31
Figura 26. Motor utilizado en la banda de transportadores de cajas despaletizadora.....	32
Figura 27. Motor EURO MOTOR utilizado en la banda del volteador de cajas.....	32
Figura 28. Banda de nitrilo utilizada en los transportadores de cajas.....	33
Figura 29. Contactores Telemecanique utilizados en los motores.....	34
Figura 30. Caja de paso de los motores.....	35
Figura 31. Diagrama general de primer nivel del desentarimado y entarimado en línea 2.....	38

Figura 32. Diagrama de segundo nivel del desentaramado y entarimado en línea 2.....	39
Figura 33. Módulo de adquisición de datos del sistema.....	40
Figura 34. Unidad de control del sistema, PLC S7.....	41
Figura 35. Bloque de potencia del sistema.....	42
Figura 36. Bloque neumático del sistema.....	42
Figura 37. Diagrama de la despaletizadora y paletizadora Línea 2.....	44
Figura 38. Diseño del volteador de cajas despaletizadora Línea 2.....	45
Figura 39. Diseño del volteador de cajas paletizadora Línea 2.....	46
Figura 40. Circuito general del sistema modificado de paletizado y despaletizado línea 2.....	46
Figura 41. Diseño de la pantalla táctil de las máquinas de despaletizado y paletizado.....	48
Figura 42. Diseño de la pantalla táctil de las máquinas de despaletizado y paletizado.....	49
Figura 43. Diagrama de flujo del sistema.....	50
Figura 44. Inicio del sistema.....	51
Figura 45. Datos del motor controlado.....	52
Figura 46. Variadores ya configurados y trabajando en modo automático.....	53

## **Índice de tablas**

Tabla 1. Distribución de bebidas según línea de producción.....	13
Tabla 2. Comparación de medidas de la tarima de madera y la tarima plástica.....	15
Tabla 3. Datos de los motores que controlan la banda transportadora.....	51
Tabla 4. Presupuesto del proyecto.....	59

## **Índice de gráficos**

Gráfico 1. Reporte de paros mecánicos y eléctricos en la paletizadora período 2012.....	53
Gráfico 2. Reporte de paros mecánicos y eléctricos en la paletizadora período 2013.....	54
Gráfico 3. Comparación de reporte de porcentaje de merma de envase de vidrio en 2012-2013...	55

## **Declaratoria de autenticidad**

Yo, Wilberth Real Durán, con cédula 1-1295-0949, número de carné 200405353, estudiante de ingeniería electrónica, declaro que el siguiente documento es original, y no es tomado de algún documento previamente realizado, declarando adicionalmente que la idea presentada de proyecto de graduación en este documento no es tomada de ningún otro proyecto antes realizado.

## RESUMEN

Como parte de la constante modernización de la planta en materia de producción, seguridad, ambiente y calidad del proceso, la empresa Coca-Cola Femsa de Costa Rica ha decidido eliminar el entarimado que se realizaba en tarimas de madera, para pasar a entarimar en tarimas plásticas, esto por temas de seguridad laboral, por temas de reducción de merma de envase y de desgaste natural de las tarimas que se encuentran al aire libre en los patios de la planta, recibiendo sol y lluvia a cada momento, adicionalmente como el proceso de producción de las bebidas se da conforme a las necesidades del mercado, las tarimas de madera con producto de vidrio provenientes del mercado no necesariamente ingresan directamente a la línea de producción, lo que acelera su proceso de degradación natural.

Debido a esto se realizó la modificación de entarimado en la línea de vidrio 2, en donde la tarima nueva plástica posee dimensiones diferentes a la tarima de madera, por lo cual, el diseño de las camas de la tarima fue modificado y aprobado por Coca-Cola Company, con el fin de homologar todas las líneas y utilizar tarimas plásticas, para ello, se utilizó un PLC para la programación, y se diseñó un hardware para realizar el volteo de cajas, el acomodo de las mismas y la aceleración de los transportadores necesarios para evitar conglomeración de cajas a la hora de estibarlas, este hardware incluye equipo de potencia como lo son variadores de frecuencia y equipos neumáticos como pistones y electroválvulas.

Adicionalmente se adjuntaron dispositivos de seguridad como sensores y cajas de paso, con el fin de evitar accidentes laborales por parte de operadores o por parte de técnicos que realizan mantenimiento en la línea.

Se realizó una comparación de porcentajes de rotura de tiempos perdidos en la línea por estos equipos en materia eléctrica, y se adjuntó cada equipo al sistema SAP, para realizarle mantenimientos preventivos mecánicos y eléctricos periódicamente.

Palabras clave: Programación, neumática, electroválvulas, paletizadora, despaletizadora, potencia.

## **ABSTRACT**

As part of the ongoing modernization of the plant in terms of production, safety, environment and quality of the process, the Coca-Cola Femsa to Costa Rica decides to remove parquet flooring that was made in wood, moving to palletize palletized plastic, this workplace safety topics, by subject reduction of packaging waste and wear and tear on the platforms that are outside on the backgrounds of the plant, getting sun and rain all the time, as the process further drinks production is given according to the needs of the market, wooden pallets glass product from the market does not necessarily directly enter the production line, accelerating its natural degradation process.

Because of this modification was made line of decking in glass 2 wherein the new plastic pallet has different dimensions to the wooden platform, so the design platform beds was amended and approved by Coca- Cola Company, in order to standardize all lines and plastic pallets used for this purpose, a PLC is used for programming, and hardware designed to perform the overturning of boxes, the arrangement thereof, and the acceleration of the conveyor necessary to prevent conglomeration of boxes, this hardware include power equipment such as frequency converters and pneumatic equipment such as pistons and valves.

Additionally attached security devices such as sensors and pull boxes, in order to avoid accidents by operators or by technicians who perform maintenance on the line.

A comparison of percentages of broken downtime on the line for these teams in the electricity, and each team was attached to the SAP system to Give you mechanical and electrical preventive maintenance periodically.

Keywords: Programming, pneumatic, solenoid, palletizing, depalletizer, power.

## **INTRODUCCIÓN**

### **1. Capítulo 1. COCA-COLA FEMSA DE COSTA RICA**

#### **1.1 Descripción general de la empresa Coca-Cola Femsa de Costa Rica**

Entre los objetivos principales de Coca-Cola Femsa S.A. de C.V. es ser una de las embotelladoras más grande de los productos de The Coca-Cola Company del mundo, para cumplir con ese objetivo, la empresa adquirió Panamco Tica en Mayo de 2003, por lo que la empresa con sede en Calle Blancos pasó a ser parte del grupo Coca-Cola Femsa, el cual posee en un 53.7% capital Mexicano, 31.6% capital de subsidiarias de The Coca-Cola Company y un 14.74% capital de inversionistas públicos.

Otro de los objetivos es ser una empresa que colabore con el medio ambiente, para cumplir esto, cada proyecto o tarea a realizar, debe de tener una política ambiental novedosa, que cumpla con las normas ya establecidas para las empresas del país. En la política de seguridad, calidad, inocuidad y ambiente de la empresa se incluye la ideología actual de la empresa, la cual es: "Contribuir consistentemente en la protección y preservación del medio ambiente, previniendo la contaminación y minimizando los impactos ambientales significativos de nuestras operaciones, productos, empaques y servicios".

En Coca-Cola Femsa sede Costa Rica, se da la producción y embotellamiento de los productos oficiales de The Coca-Cola Company, como lo son la Coca-Cola, Fanta, Sprite, Fresca, adicionalmente se tiene las bebidas hidratantes como el Powerade, el agua Alpina y la distribución de Hi-C. Para realizar dicha labor, la empresa consta de 7 líneas de producción, más una de reempaque de producto, se trabaja las 24 horas del día y los 7 días de la semana en la mayoría de líneas, en la tabla 1 se mostrará la distribución de bebidas según la línea de producción.

**Tabla 1**  
Distribución de bebidas según línea de producción

<b>Línea</b>	<b>Producto</b>
Línea 1	Productos PET individuales, productos de 355ml y 600ml
Línea 2	Producto de vidrio
Línea 3	Producto PET individual y familiar
Línea 4	Producto PET y RPET familiar
Línea 5	Agua
Línea 6	Producto llenado en caliente
Línea 7	Producto de Post-Mix
Línea 8	Reempaque producto variado

### **1.2 Departamento en el que se realiza el proyecto**

El proyecto se realiza en el departamento de mantenimiento industrial, departamento al que caen los proyectos y trabajos ya sean mecánicos, eléctricos o electromecánicos, donde adicionalmente interviene el departamento de planeación de mantenimientos preventivos de cada una de las máquinas que se encuentran en las líneas de producción.

## 2. Capítulo 2. MODIFICACIÓN DEL ENTARIMADO EN LA LÍNEA 2

### 2.1 Descripción del problema

El proceso de despaletizado y paletizado de producto se realiza con tarimas de productos provenientes de una sopladora externa o del reempacado proveniente de producto retornable, como el vidrio y el RPET, para ello se utilizan tarimas de madera, las cuales tienen un área de 110cm x 100cm, las tarimas de madera se presentan en la figura 1 .

Diariamente, de los camiones repartidores llegan las tarimas con productos retornables o con producto devuelto de los clientes, luego durante el día, los montacargas llevan éstas tarimas a la bodega de producto retornable, la cual está en el sector sureste de la planta, donde se encuentran al aire libre hasta que llegue el momento de su reutilización, esto ya sea en línea 2 o línea 4.



**Figura 1**  
Tarima de madera utilizada

Como el uso de los envases de vidrio de la línea 2 no se realiza periódicamente, las tarimas de madera al estar al aire libre, estas llevan sol y lluvia, lo que va

desgastando la tarima hasta llevar al punto de dañarlas por completo, adicionalmente al ser utilizadas por los montacargas generan quebraduras en su diseño, por lo que podrían provocar el daño del producto y hasta provocar un accidente por partes de madera y clavos en el suelo. Por esto, y para seguir con las ideas novedosas en materia ambiental, la compañía realiza el cambio de tarima de madera por tarimas plásticas, éstas tarimas tienen medidas de 110cm x 90cm, éstas tarimas se pueden observar en la figura 2, las tarimas fueron diseñadas bajo las medidas estándar de Coca-Cola Company.



**Figura 2**  
Tarima plástica utilizada

La tarima plástica tiene una medida menor que la tarima de madera, por lo que se tienen que realizar modificaciones en las líneas de producción para el despaletizado y paletizado de los productos, la comparación de tamaños se muestra en la tabla 2 y la figura 3.

**Tabla 2**  
Comparación de medidas de la tarima de madera y la tarima plástica

Tarima	Largo [cm]	Ancho [cm]
Madera	120	115
Plástica	120	100



**Figura 3**  
Comparación visual de tamaño de las tarimas

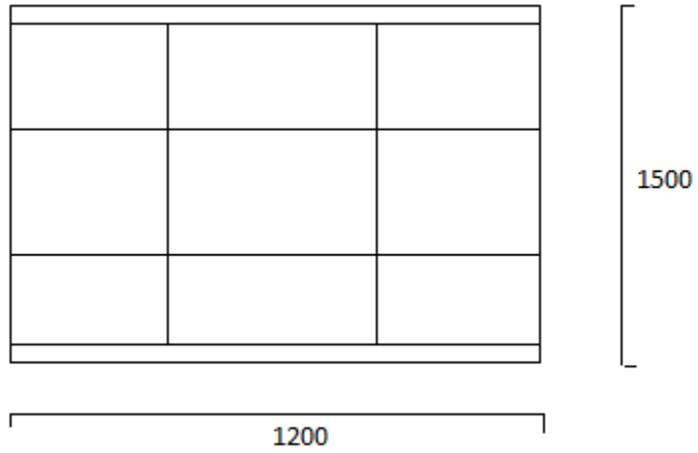
En el caso de la línea 2, el proceso de despaletizado y de paletizado se realizan mediante máquinas marca KHS, que trabaja con un PLC Siemens S7, éstas máquinas se observan en las figuras 4 y 5, la despaletizadora toma cada cama de cajas con botellas y lo envían a un transportador donde son llevadas hacia la lavadora, y se da el caso contrario con la paletizadora, que lo que realiza es tomar las cajas en cierta formación y estibarlas hasta cierto punto para luego ser llevadas a los camiones repartidores. La forma de acomodar cada una de las cajas y de cómo estibarlas vienen certificadas desde Coca-Cola FEMSA México, por lo que se tiene que seguir los estándares establecidos, para el caso de las tarimas plásticas al ser de menor tamaño, se realizaron nuevos diseños de entarimado, éstos nuevos diseños de entarimado se tienen para el caso de productos de 355ml y de 1L, la comparación de entarimados entre tarimas de madera y plástica se muestran en las figuras 6 y 7.



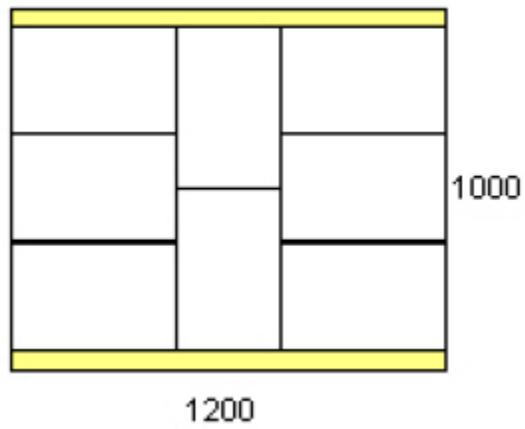
**Figura 4**  
Despaletizadora L2 KHS



**Figura 5**  
Paletizadora L2 KHS



**Figura 6**  
Entarimado tarima madera



**Figura 7**  
Entarimado tarima plástica

## **2.2 Importancia del problema**

Al producir los 7 días de la semana, la empresa necesita realizar la modificación del entarimado del producto, con el fin de utilizar de manera adecuada las nuevas tarimas plásticas sin tener riesgos de caídas de producto y evitar el desgaste natural de las tarimas de madera, provocando merma de envase o rotura de envase de vidrio en el área de bodega del producto a utilizar en la línea.

## **2.3 Antecedentes**

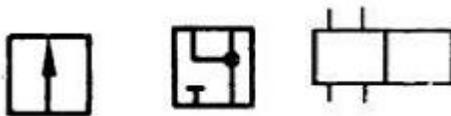
Al tener el producto entarimado en tarimas de madera, por factores climáticos se ha dado la rotura de envase por caída de las mismas tarimas, ya que al ser de madera, las tarimas al estar expuestas al aire libre, sufren desgaste natural por lluvia, adicionalmente, se da la ruptura de partes de la tarima al ser alzadas por los montacargas, e inclusive se corre el riesgo de un accidente al quedar los clavos de las tarimas expuestos.

### 3. Capítulo 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Factores físicos, mecánicos y electrónicos del sistema

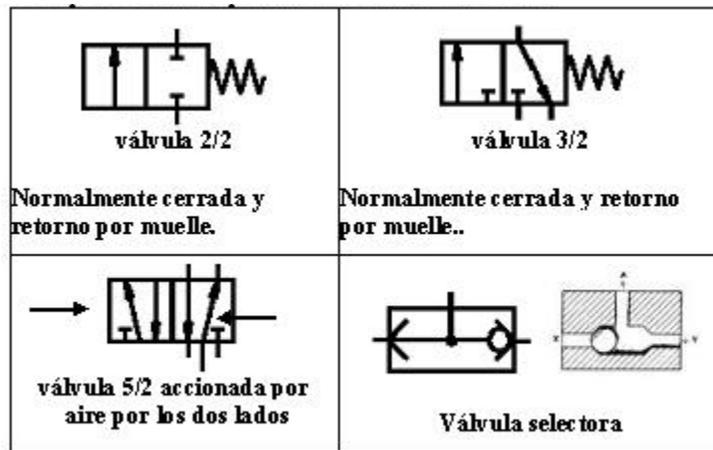
##### 3.1.1 Activación de electroválvulas mediante tensión y aire

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenado en un depósito. Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados. La cantidad de cuadrados yuxtapuestos indica la cantidad de posiciones de la válvula distribuidora. El funcionamiento se representa esquemáticamente en el interior de las casillas o cuadros. Las líneas representan tuberías o conductos. Las flechas, el sentido de circulación del fluido. Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales. La unión de conductos o tuberías se representa mediante un punto. Las conexiones (entradas y salidas) se representan por medio de trazos unidos a la casilla que esquematiza la posición de reposo o inicial. La activación de la válvula se da mediante pulsos eléctricos enviados a las bobinas de alimentación. A continuación se presentan los diagramas de las válvulas en las figuras 8, 9, y 10. [1]

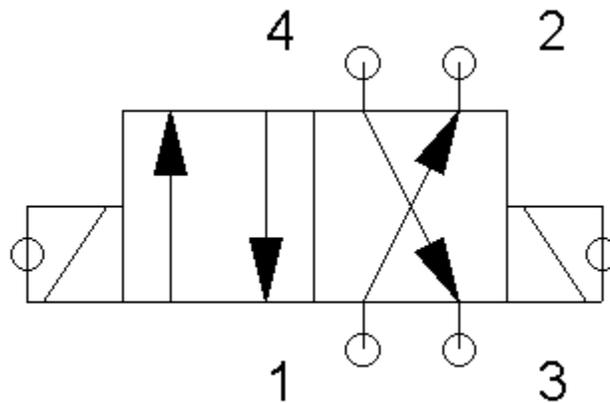


**Figura 8**

Representación de posiciones y de sentido del flujo



**Figura 9**  
Tipos de electroválvulas



**Figura 10**  
Ejemplo de electroválvula de doble bobina

## 3.2 Componentes más relevantes del sistema

### 3.2.1 PLC Siemens S7-300

Este tipo de PLC es el más común en aplicaciones industriales, debido a su variedad de entradas y salidas, así como de su capacidad de conectar interfaces como Ethernet, Profibus, puerto serial, entre otras, adicionalmente su capacidad de extender la cantidad de módulos de entradas y salidas en caso de que el sistema así lo requiera. Los módulos de señales del S7 se conectan de tres maneras: de bornes de tornillo, de resorte, o por desplazamiento aislado, estos módulos se parametrizan desde el STEP 7, a continuación en la figura 11 se observa los tipos de entradas analógicas y digitales que posee el sistema. [6]

#### Digital inputs ↴

Module	Voltage range	Number of channels
SM 321 <sup>1)</sup>	24 V DC	16, 32, 64
SM 321 <sup>2)</sup>	48 ... 125 V DC	16
SM 321	24/48 V UC	16
SM 321 <sup>3)</sup>	120/230 V AC	8, 16, 32

#### Analog inputs ↴

Module	Measuring range	Resolution	Number of channels
SM 331 <sup>1)</sup>	Power	Up to 16 bit	2, 8
SM 331 <sup>2)</sup>	Current (also HART)	Up to 16 bit	2, 8
SM 331 <sup>3)</sup>	Resistance	Up to 16 bit	1, 4, 8
SM 331 <sup>4)</sup>	Thermocouples	Up to 16 bit	2, 6, 8
SM 331	Resistance thermometer	Up to 15 bits	1, 4, 8

#### Digital inputs/outputs

Module	Voltage range	Number of channels
SM 323 <sup>1)</sup>	24 V DC	8 or 16 DI and DO
SM 327	24 V DC	8 DI and 8 DX (parameterized as input or output)

#### Analog inputs/outputs

Module	Measuring range	Resolution	Number of channels
SM 334 <sup>1)</sup>	Power	Up to 13 bit	2, 4
SM 334 <sup>2)</sup>	Current	8 bit	4
SM 334 <sup>3)</sup>	Resistance	13 bit	4
SM 334 <sup>4)</sup>	Resistance thermometer	15 bit	4
SM 335 <sup>1)</sup>	Power	14 bit	4
SM 335 <sup>2)</sup>	Current	14 bit	4

#### Digital outputs ↴

Module	Voltage range	Current range	Number of channels
SM 322 <sup>1)</sup>	24 V DC	0.5 A	8, 16, 32, 64
SM 322 <sup>2)</sup>	24 V DC	2 A	8
SM 322 <sup>3)</sup>	48 ... 125 V DC	1.5 A	8
SM 322 <sup>4)</sup>	120/230 V AC	1 A	8, 16, 32
SM 322	120/230 V AC	2 A	8
SM 322	UC (relay)	0.5 A ... 5 A	8, 16

#### Analog outputs

Module	Measuring range	Resolution	Number of channels
SM 332 <sup>1)</sup>	Power	Up to 16 bit	2, 4, 8
SM 332 <sup>2)</sup>	Current (also HART)	Up to 16 bit	2, 4, 8

Figura 11

Entradas y salidas analógicas y digitales del PLC S7

A continuación en la figura 12 se observa las diferentes tipos de funciones que poseen cada uno de los módulos del PLC, donde se destacan las de conteo, seguimiento y controles PID. [6]

Datos técnicos

Módulo	Función	Canales / ejes
FM 350-1 <sup>1)</sup>	Contar, medición, dosificación, detección de posición (incremental)	1
FM 350-2 <sup>2)</sup>	Contar, medición, dosificación	8
FM 352	Controles Cam	1
FM 352-2	Operaciones lógicas binarias de alta velocidad	1
FM 355C	Control PID (continua)	4
FM 355S	Control PID (paso / impulso)	4
FM 355-2C	Control de la temperatura (continua)	4
FM 355-2S	Control de la temperatura (paso / impulso)	4
FM 351	Posicionamiento (rápida / lenta feed)	2
SM 338	Detección de posición (SSI)	3
FM 353	Posicionamiento (con motores paso a paso)	1
FM 354	Posicionamiento (con accionamientos servo)	1
FM 357-2	Posicionamiento, control de trayectoria, interpolación, sincronismo	4
IM 174	Ofdrives conexión vía PROFIBUS isócrono	4

**Figura 12**  
Funciones de control del PLC S7

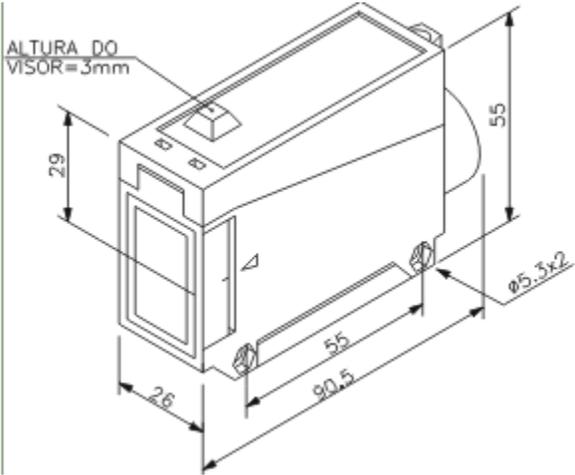
### 3.2.2 Sensores fotoeléctricos Sense OR3K-VF-SF

Estos sensores son de tipo reflectivo, en el cual mediante el haz de luz reflejado en un reflector, realiza diversas funciones, entre las cuales puede ser detener un sistema mediante un temporizador, realizar conteo de objetos que pasan a través del haz de luz, entre otras, este sensor tiene una alimentación de 24VDC, con un consumo de corriente menor a los 40mA. Este sensor dependiendo del tipo de uso que se le quiera dar, puede trabajar como un transistor PNP o como un transistor NPN, en el caso de trabajar como un led reflectivo, trabaja en modo PNP, donde su carga está en el lado negativo de la

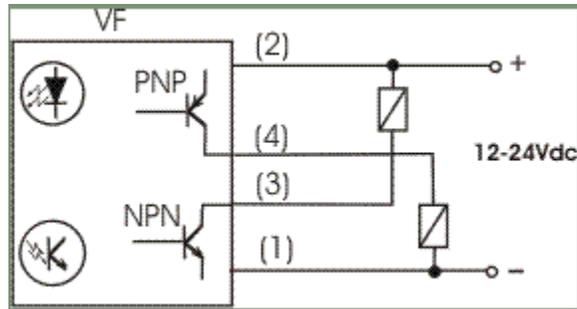
tensión, las figuras 13, 14 y 15 muestran el diseño externo y el funcionamiento interno de dicho sensor. [2]



**Figura 13**  
Diseño externo del sensor Sense



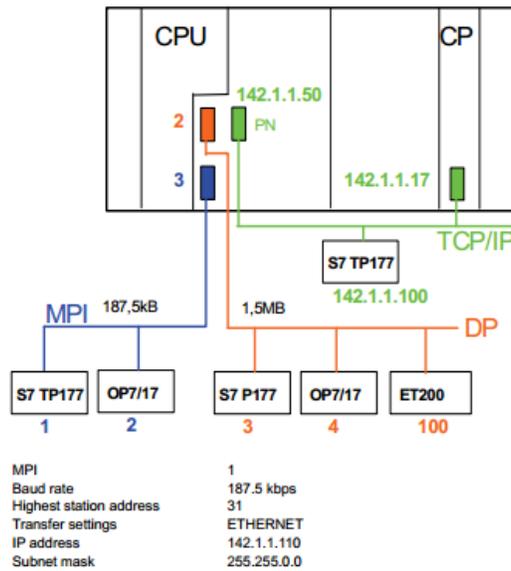
**Figura 14**  
Dimensiones del sensor reflectivo Sense



**Figura 15**  
Configuración electrónica del sensor reflectivo Sense

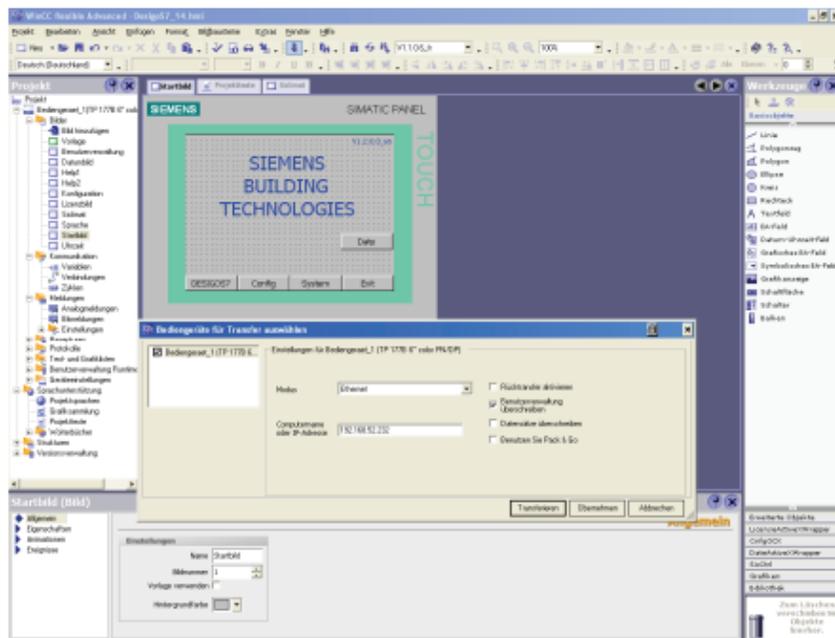
### 3.2.3 Pantalla Siemens TP 177

Este modelo de pantalla Siemens es de 6", con resolución de 320 x 240 píxeles, posee una memoria de 256kb, y es programable con el Win CC, esta pantalla posee una pantalla táctil analógica resistiva, y se puede conectar a la unidad de control mediante MPI/DP o TCP/IP, a continuación en la figura 16 se observa el tipo de conexión de la pantalla al PLC S7.



**Figura 16**  
Conexión de la pantalla TP 177 al PLC S7.

Este modelo al configurarse mediante Win CC, se puede realizar la configuración de botones, de almacenamiento de contraseñas, ya sea para un súper usuario o usuarios de nivel menor, y así también realizarle la descarga del programa y poderla simular en tiempo real, a continuación en la figura 17 se observa la interfaz gráfica del programa con la pantalla.



**Figura 17**  
Conexión de la pantalla con el software Win CC

### 3.2.4 Electroválvula FESTO VUVB/VTUB-20

Este tipo de electroválvula se alimenta con bobinas de 24VDC, donde se pueden manejar presiones de 8bar, en el caso de la planta, se trabaja con presión de aire de 6bar (80 psi aproximadamente), éste tipo de electroválvulas consta de 2 contactos normalmente abiertos y 2 contactos normalmente cerrados, con el fin de controlar varios circuitos neumáticos de manera simultánea, esta se activa

mediante de pulsos eléctricos enviados a las bobinas de control del accionador, trabajan a una potencia de 1W. En la figura 18 se muestra el diseño de la electroválvula. [3]



**Figura 18**  
Electrovalvula FESTO VTUB-20

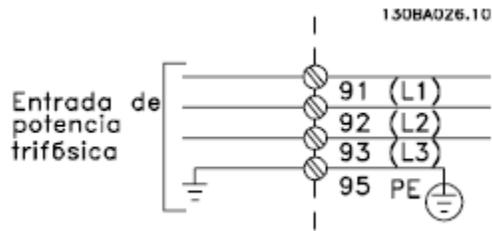
### **3.2.5 Variadores de frecuencia Danfoss VLT Serie 200**

Los variadores de frecuencia VLT para motores de 220VAC, para potencia de hasta 3kW utilizan el tipo de protección IP20/21, en la cual, se cuenta con un módulo o kit en el que se colocan de los cables de alimentación del motor de tal manera que quedan cubiertos por soportes inferiores y superiores, de manera que los bornes quede completamente aislada, en la figura 19 se muestra el ejemplo de una conexión IP20. [4]



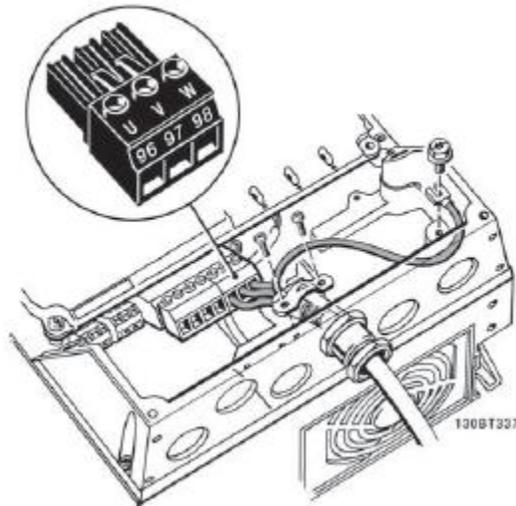
**Figura 19**  
Conexión IP20

En la figura 20 se muestra la alimentación y la toma de tierra del variador.

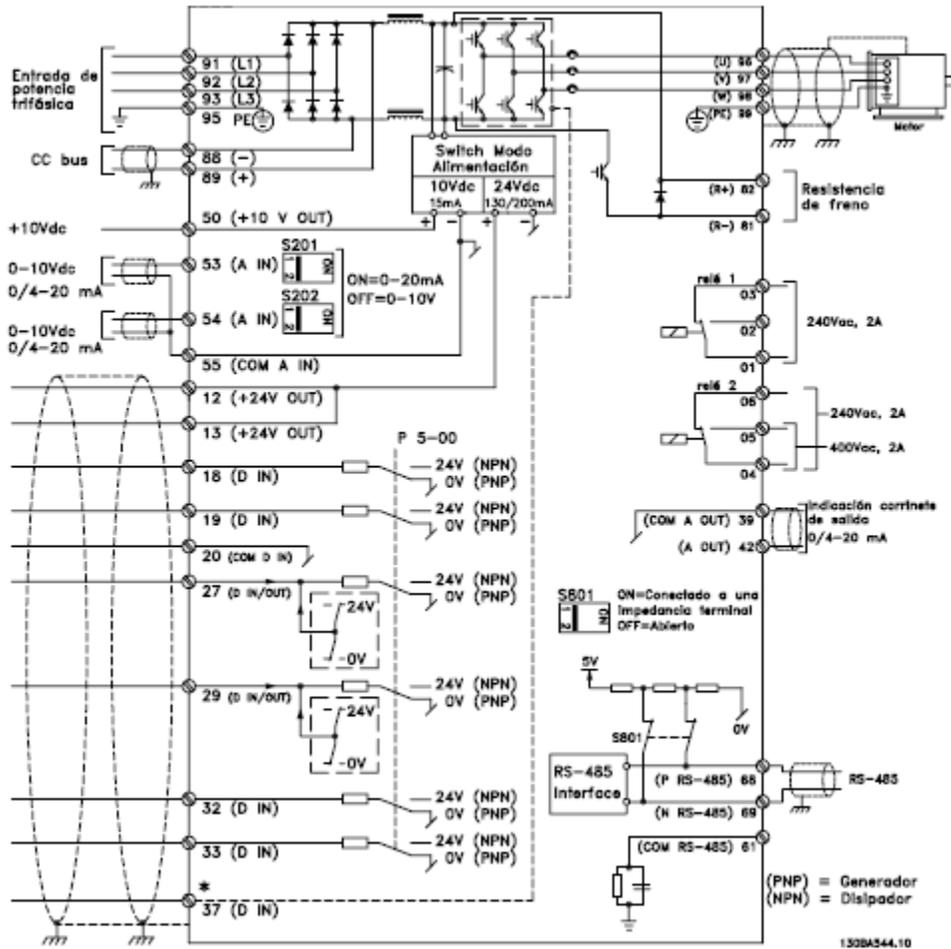


**Figura 20**  
Alimentación del variador

La conexión del motor se realiza de manera A5, donde se conectan los cables del motor a un terminal de 3 entradas tipo macho, el cual va conectado al variador, este método de conexión se muestra en la figura 21, y en la figura 22 se muestra el diagrama interno del variador. [4]

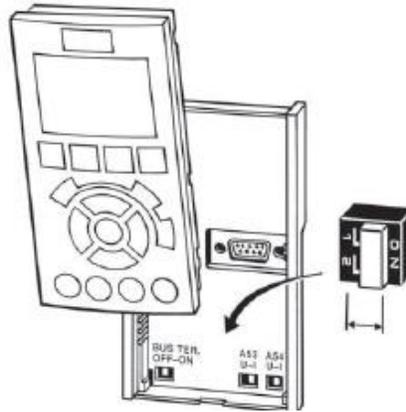


**Figura 21**  
Conexión del motor al variador



**Figura 22**  
Diagrama interno del variador

El variador VLT cuenta con una pantalla de acceso de usuario, en el cual se programa el motor que se va a controlar, adicionalmente maneja una serie de interruptores ubicados en la parte posterior del panel, en el cual se elige el tipo de alimentación de entrada o la terminación del bus de datos de control del sistema, en la figuras 23 y 24, se muestran la pantalla de control con los interruptores del variador, y las operaciones básicas del motor que se deben de programar respectivamente.



**Figura 23**  
Diseño frontal del variador VLT

1.	Potencia del motor [kW] o Potencia del motor [CV]	par. 1-20 par. 1-21
2.	Tensión del motor	par. 1-22
3.	Frecuencia del motor	par. 1-23
4.	Intensidad del motor	par. 1-24
5.	Velocidad nominal del motor	par. 1-25

**Figura 24**  
Parámetros esenciales de programación en el variador

En la parte inferior del panel, se encuentran 3 leds indicadores del funcionamiento del variador, en el cual, el LED verde significa que el equipo opera en condiciones normales, el LED amarillo que está trabajando pero con una advertencia, y el LED rojo que el variador se encuentra en falla, entre las fallas más comunes están la sobretemperatura, exceso de corriente, falta de tensión en una fase, entre otras. Estos LEDs se observan en la figura 25. [4]



**Figura 25**  
LEDs indicadores de operación del variador

La comunicación del variador se da mediante Profibus, el cual es un estándar de comunicación en la automatización, de este protocolo existen dos variantes, Profibus DP y Profibus PA:

- Profibus DP (Periféricos descentralizados) se usa con sensores y actuadores a través de un controlador centralizado, por ejemplo aplicaciones de automatización
- Profibus PA (Automatización de Procesos) se utiliza para controlar equipo de medición a través de un sistema de control de proceso en aplicaciones de automatización. La capa física (es decir, el cable) se ajusta a la norma IEC 61158-2, que permite que la energía se suministre a través del bus a los instrumentos de campo, limitando al mismo el tiempo en el que la corriente atraviesa los instrumentos. El número de dispositivos conectados a un segmento de PA está limitada por esta característica. PA tiene una velocidad de transmisión de datos de 31,25 kbit / s. Sin embargo, PA utiliza el mismo protocolo que DP, y puede estar vinculado a una red DP utilizando un dispositivo acoplador. [5]

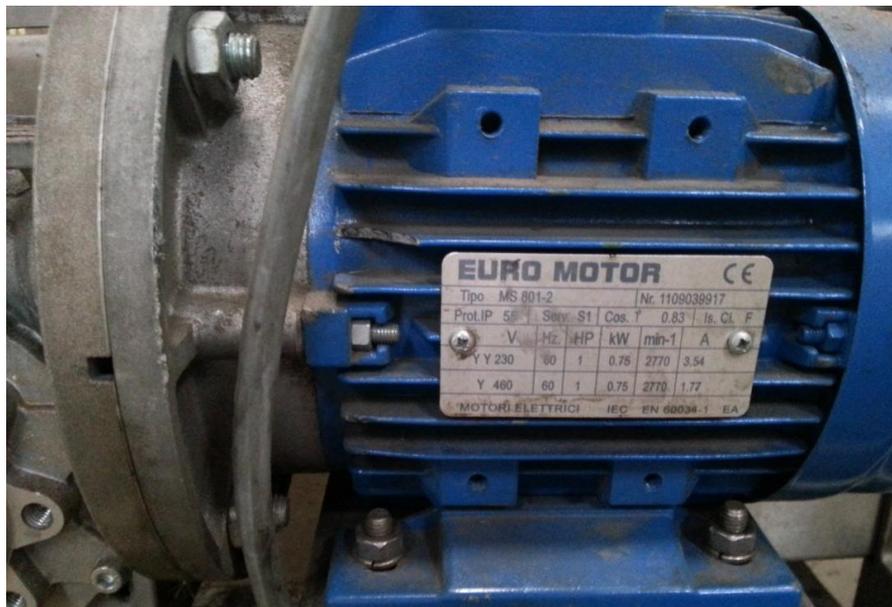
### 3.2.6 Motores AC de 220VAC

Estos motores son marca EURO MOTOR, los cuales tienen una configuración en estrella a 220VAC, con potencia de 0.75kW, 1HP, y una corriente máxima de 3.54A. Estos motores se observan en la figuras 26 y 27 respectivamente.



**Figura 26**

Motor EURO MOTOR utilizado en la banda de transportadores de cajas despaletizadora



**Figura 27**

Motor EURO MOTOR utilizado en la banda del volteador de cajas

### 3.2.7 Banda transportadora de Nitrilo

La goma de nitrilo, también denominada Buna-N, Perbunan o NBR, es un copolímero de goma sintética formado por acrilonitrilo (ACN) y butadieno. [10]

La goma de nitrilo butadieno constituye una familia de copolímeros insaturados de 2-propanonitrilo y diversos monómeros de butadieno (1,2-butadieno y 1,3-butadieno). Aunque sus propiedades físicas y químicas presentan diferencias en función del contenido en nitrilo del polímero, esta forma de goma sintética suele ser resistente al aceite, al combustible y a otras sustancias químicas (a mayor contenido en nitrilo del polímero, mayor resistencia a aceites, pero menor flexibilidad del material). [10] En la figura 28 se observa la banda de nitrilo utilizada en el transportador de cajas.

Principales usos de la banda:

- Bandas de proceso y transportadoras
- Correas para plegadoras-pegadoras
- Bandas para máquinas
- Correas de transmisión
- Correas sin empalme



**Figura 28**

Banda de nitrilo utilizada en los transportadores de cajas

### 3.2.8 Contactores de potencia

Estos contactores son Telemecanique, modelo LPK0610BD de Schneider Electric, estos poseen bobina de control de 24VDC, y poseen un contacto normalmente abierto (NO), para realizar la lógica de control de los motores a controlar, en el cual, se puede habilitar el relé de manera manual en caso de que haya que necesitar mayor cantidad de pulsos en un menor tiempo posible, en la figura 29 se muestra el modelo del contactor a utilizar en cada uno de los motores EUROMOTOR.



**Figura 29**

Contactores Telemecanique utilizados en los motores

### 3.2.9 Cajas de paso de seguridad de alimentación a motores

Estas cajas son marca Eaton, en las cuales a través de un interruptor local, se puede desenergizar de manera manual el motor de cada una de las bandas, esto con el fin de que al realizar un mantenimiento exclusivamente en ese sector, los técnicos puedan desenergizar y colocar su tarjeta de seguridad en la caja de paso y así evitar accidentes durante el mantenimiento. En la figura 30 se muestra el diseño de cada caja de paso de los motores.



**Figura 30**  
Caja de paso de los motores

## **4. Capítulo 4. META Y OBJETIVOS**

### **4.1 Meta**

Modificar el proceso de desentarrimado y entarrimado de bebidas de vidrio en la línea 2, siguiendo las directrices de las nuevas tarimas plásticas.

### **4.2 Objetivo general**

Diseñar las modificaciones en los transportadores y realizar la modificación del programa de ambas máquinas, para lograr el entarrimado nuevo, esta modificación debe de incluir control desde el operador desde las pantallas táctiles de cada máquina, realizar el conteo de cajas para realizar el acomodo de las mismas de manera adecuada en los transportadores de cajas, comunicación continua con el PLC, y envío de señales adecuadas a los variadores de frecuencia para regular la velocidad de los motores.

### **4.3 Objetivos específicos**

#### **4.3.1 Objetivos específicos de hardware**

- Diseñar y construir un volteador de cajas para que el acomodo de las tarimas sea de manera adecuada y evitar caídas de producto terminado o de envase vacío.
- Agregar a los motores de los transportadores cajas de paso de control de la alimentación de los motores para evitar su accionamiento en caso de estar fuera de operación.
- Realizar el cableado necesario para la comunicación adecuada de la red de sensores con el PLC, que a su vez tiene que comunicarse con la pantalla táctil de operador, con los variadores de frecuencia y enviar las señales a las electroválvulas de accionamiento de pistones de los volteadores.

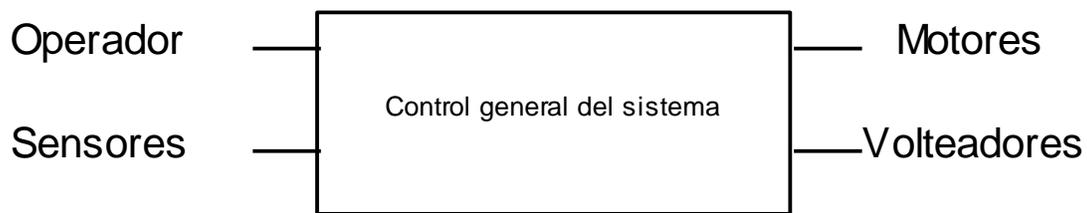
#### **4.3.2 Objetivos específicos de software a nivel de software**

- Modificar la rutina de desentaramado y entarimado de las máquinas de la línea.
- Modificar la rutina de la pantalla de control de operador para realizar acomodos de manera manual.
- Programar los variadores de frecuencia de los motores para controlar las velocidades de los mismos a la hora del transporte de cajas.

## 5. Capítulo 5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

### 5.1 Bloque general del sistema de despaletizado y paletizado

El sistema recibe los pulsos de la red de sensores del sistema, y a través del sistema de control, se deben de enviar las señales de activación de los variadores de frecuencia, del volteador y de los separadores en los transportadores de cajas, el sistema adicionalmente recibe los datos del operador en caso de querer realizar el proceso de modo manual.



### Diagrama de primer nivel

Figura 31.

Diagrama general de primer nivel del desentarrimado y entarrimado en línea 2

#### 5.1.1 Entradas

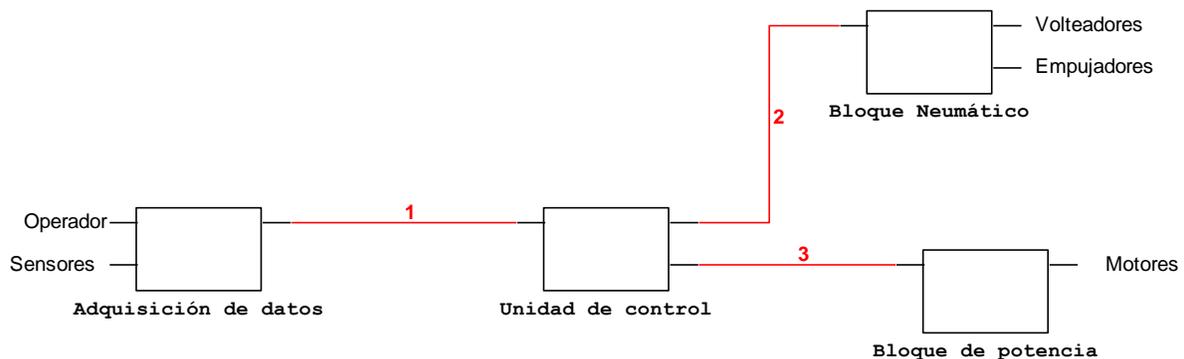
- **Operador:** A través de la pantalla Touch, el operador puede ingresar de modo manual el acomodo y volteo de cajas a conveniencia.
- **Sensores:** Dispositivos encargados de enviar las señales de control al sistema para la toma de decisiones en los motores y en los volteadores de manera automática.

### 5.1.2 Salidas

- **Motores:** Se controla la velocidad o el accionamiento de los motores.
- **Volteadores:** Son los encargados de voltear la caja según las necesidades del entarimado a realizar.

## 5.2 Diagrama de bloques de segundo nivel del sistema de monitoreo y control de temperaturas en cámaras de refrigeración

En la figura 32 se muestra el diagrama de bloques del segundo nivel del sistema, dicho sistema consta de 4 bloques, que son adquisición de datos, unidad de control, bloque neumático y bloque de potencia.



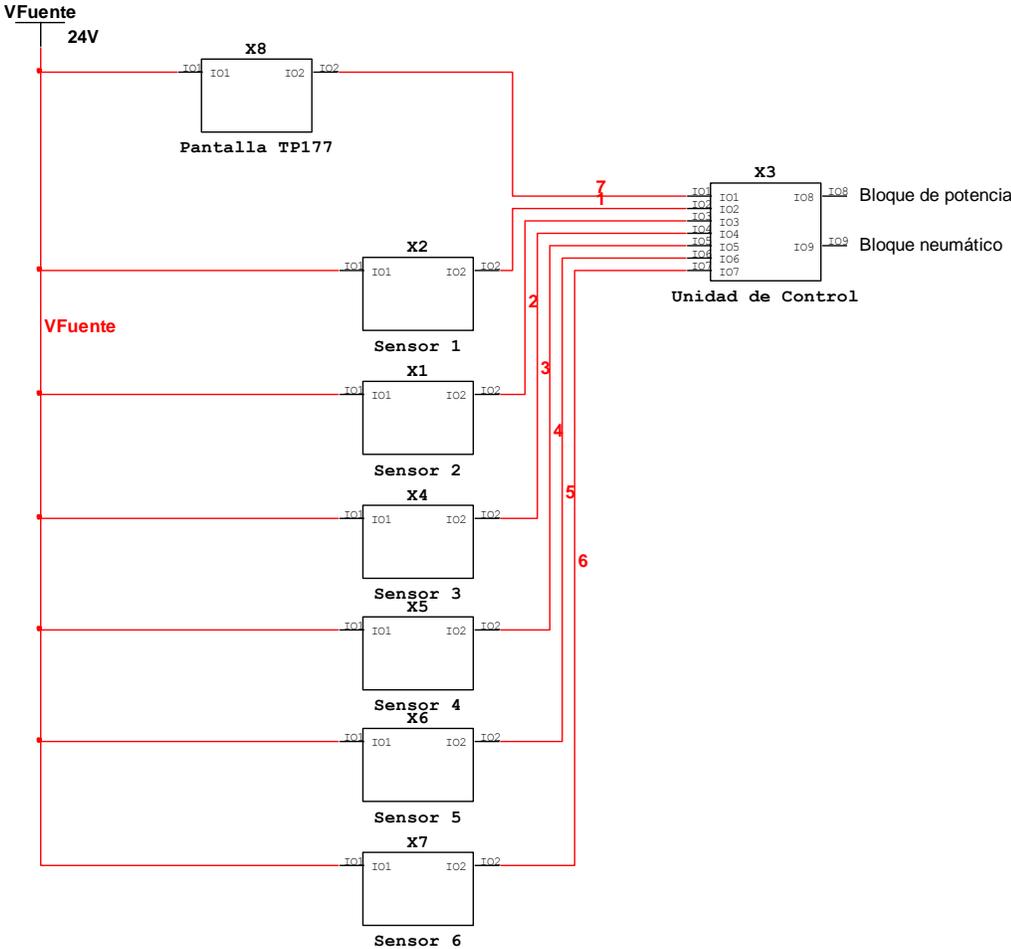
**Figura 32.**

Diagrama de segundo nivel del desentarimado y entarimado en línea 2

### 5.2.1 Módulo de adquisición de datos

En este módulo, se adquieren los datos de dos fuentes, una es por medio de la red de fotoceldas que realizan el conteo de las cajas que van pasando en los transportadores, y la otra es mediante una pantalla táctil, en la cual el usuario puede realizar el transporte de cajas y el volteo de las mismas de modo manual, en la figura 33 se muestra la red de sensores, en la cual, existe un sensor principal al que se denomina sensor de seguridad, el cual, al estar obstruido, la máquina no trabaja, adicionalmente se cuenta con 6 sensores que realizan el conteo de las

cajas, y que también realizan la función de controlar si en el transportador existe acumulación o saturación de cajas.



**Figura 33.**  
Módulo de adquisición de datos del sistema

### 5.2.2 Unidad de control

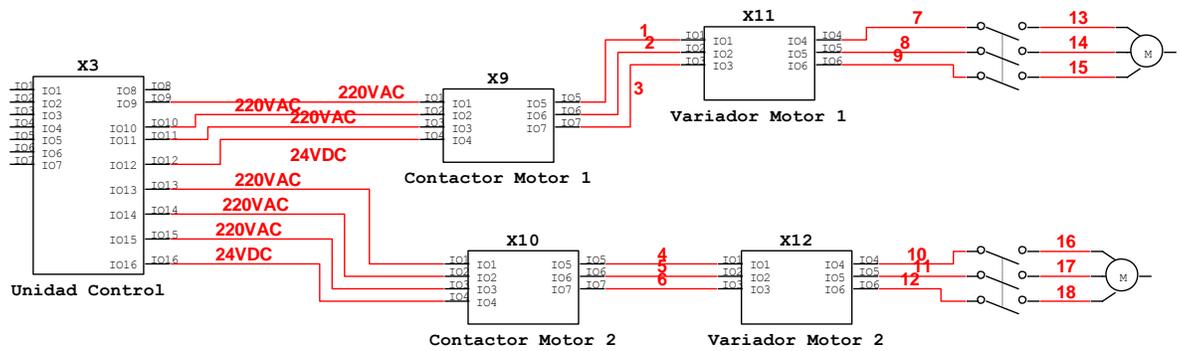
La unidad de control es la que se encarga de manipular y controlar los motores y los datos provenientes del bloque de adquisición de datos, por medio de las rutinas implementadas, en este caso, es el PLC Siemens S7 que se utiliza para el control de toda la máquina de despaletizado, e igual en el caso de la máquina de paletizado.



**Figura 34.**  
Unidad de control del sistema, PLC S7

### 5.2.3 Bloque de potencia

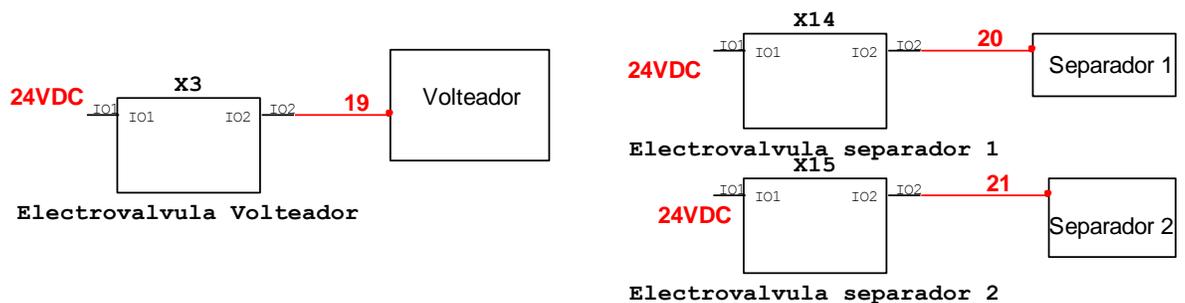
En este apartado, se realiza toda la lógica necesaria para el encendido correcto de los motores por medio del accionamiento de los contactores, que a su vez van conectados al variador de frecuencia Danfoss, en la figura 35 se muestra el diagrama del bloque de potencia, en donde, las salidas del PLC son las alimentaciones de las bobinas de control de los contactores Telemecanique, que irán conectadas a las entradas principales del variador de frecuencia, adicional de las señales de control del variador para regular la velocidad de los motores, luego, a la salida de los variadores, se conecta una caja de paso para controlar de manera manual si el motor debe de estar encendido o no, esto como normativa de seguridad a la hora de realizar reparaciones o durante los mantenimientos preventivos.



**Figura 35**  
Bloque de potencia del sistema

### 5.2.4 Bloque Neumático

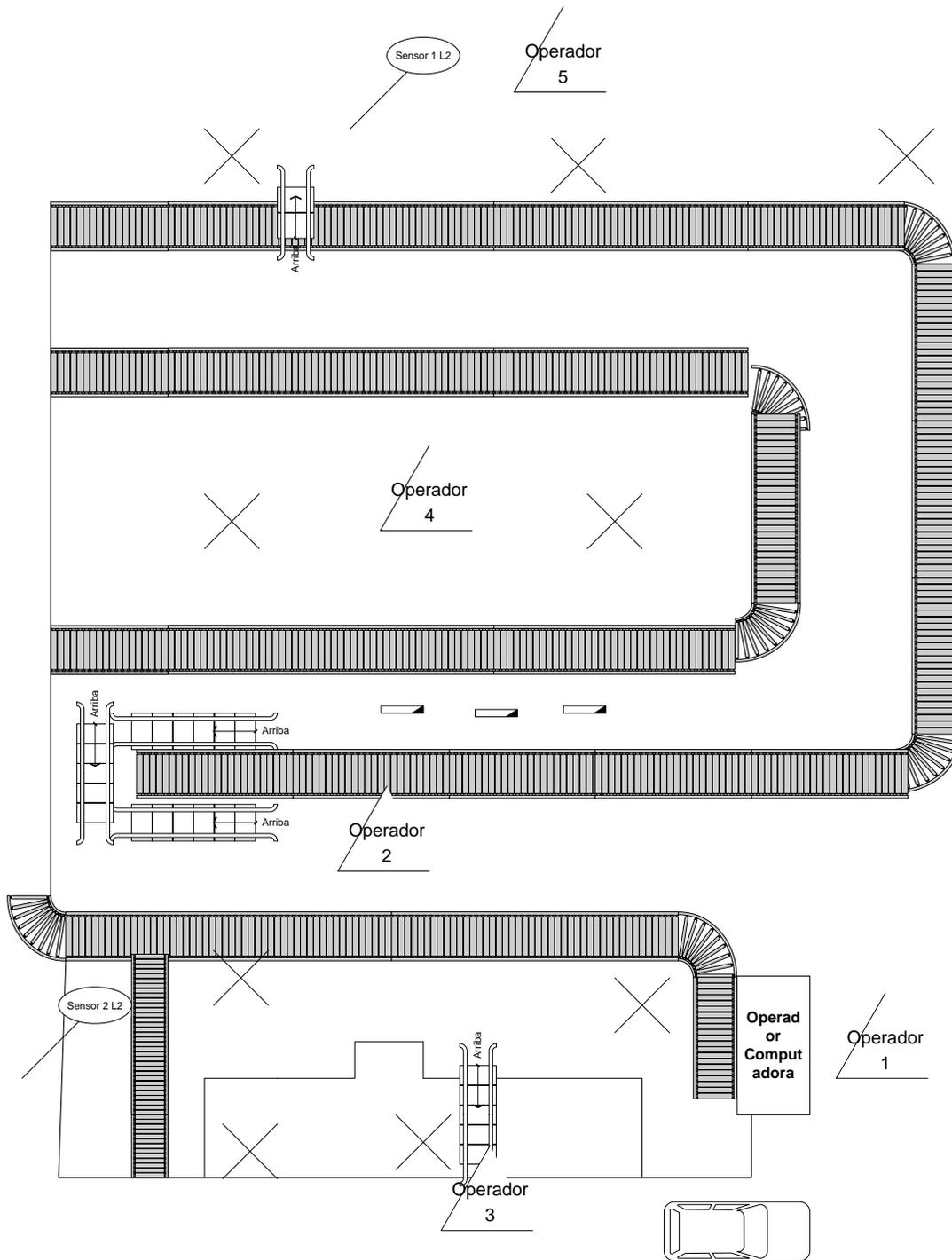
En el bloque neumático, se reciben las señales de control de la unidad PLC, estas señales alimentan la electroválvula de accionamiento del pistón del volteador, que luego de contar "n" cantidad de cajas, activará la electroválvula para voltear la caja, posteriormente, para el caso del paletizado, se activarán 2 señales más de activación de electroválvulas, dos de separadores entre las mesas de rodillos para el acomodo de las cajas. Este diseño se observa en la figura 36.



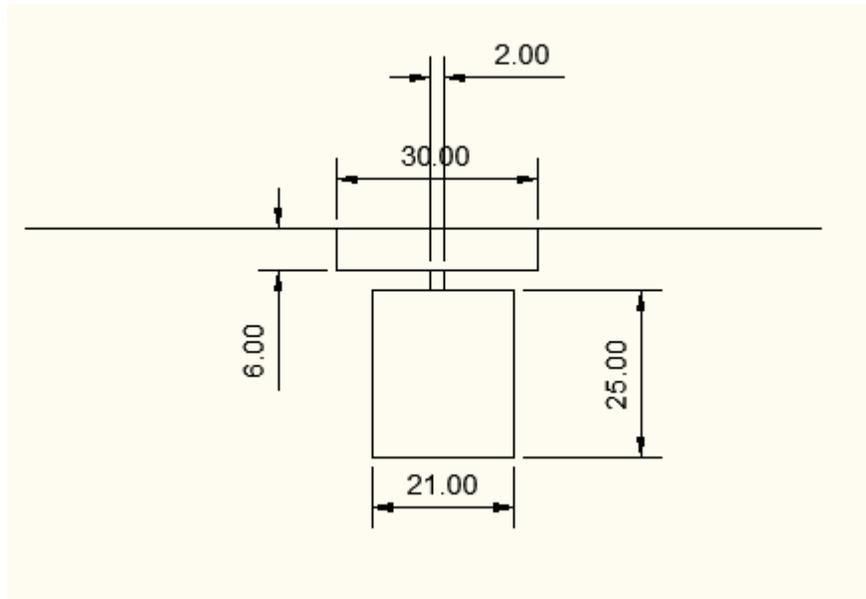
**Figura 36**  
Bloque neumático del sistema

### **5.2.5 Volteador de cajas**

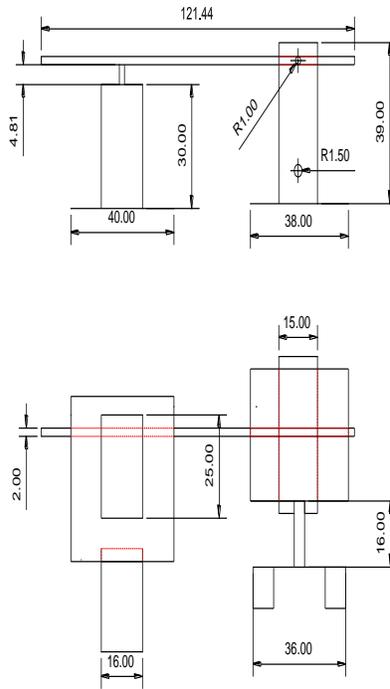
El diseño del volteador de cajas se realizó con ayuda de los supervisores mecánicos y con el asesor en la empresa, en el cual, se observó el ancho de los transportadores luego de desentarrimar y luego el transportador rumbo a la paletizadora, estos transportadores tienen dimensiones de 43cm y 47cm respectivamente, en la figura 37 se muestra el diseño de la línea 2, en la cuales se observa el sector de la línea donde se trabajó la modificación, al observar los transportadores, el diseño de los volteadores fue diferente, en el primero se colocó el pistón por debajo del transportador, en un espacio de 20cm x 16 cm, el pistón es de 25cm de alto, el diseño del mismo se observa en la figura 38, mientras que el otro volteador, al tener un espacio mayor para trabajar, se realizó a un costado, en el cual el pistón, empuja un brazo de 121.44cm de largo, el diseño de este segundo volteador se observa en la figura 39, ambos volteadores trabajan a una presión de aire de 80psi.



**Figura 37**  
 Diagrama de la despaletizadora y paletizadora Línea 2



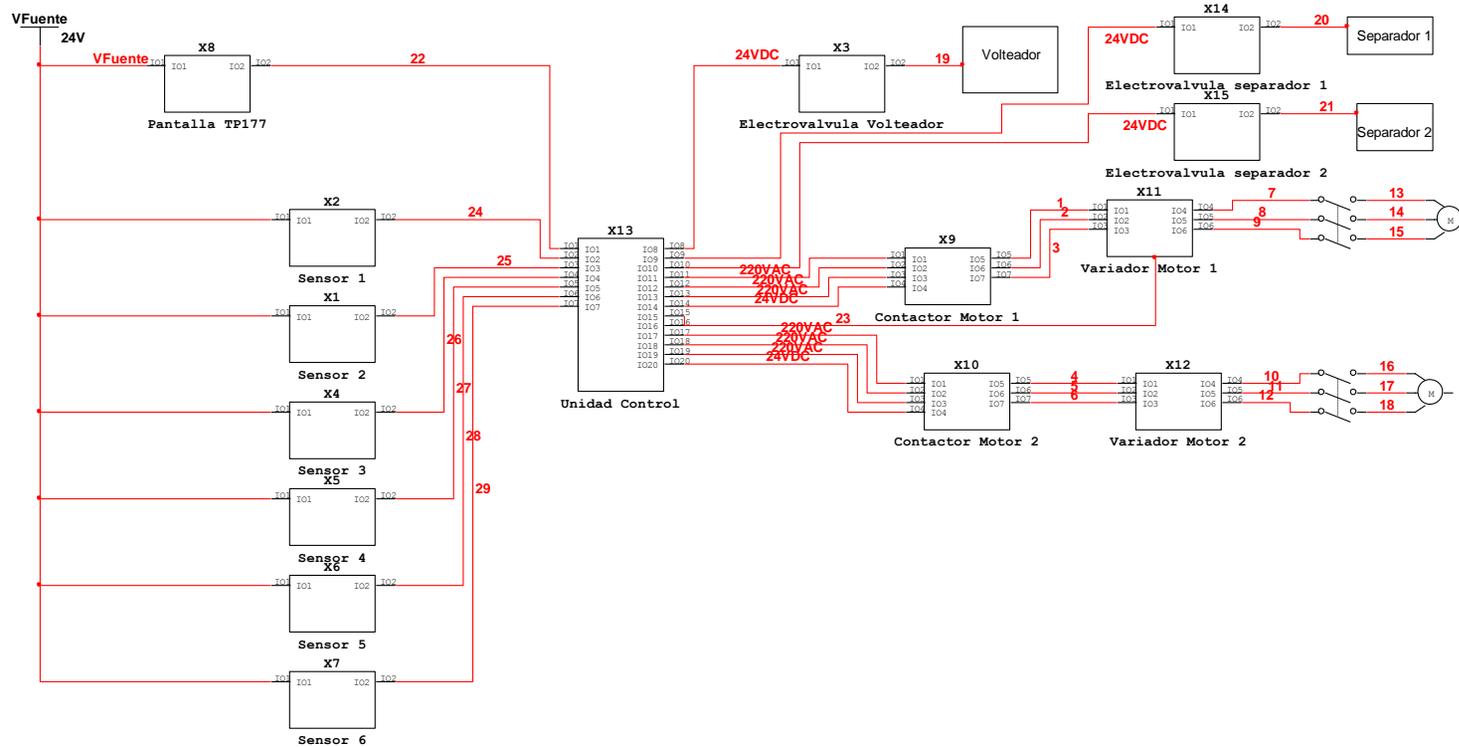
**Figura 38**  
Diseño del volteador de cajas despaletizadora Línea 2



**Figura 39**  
 Diseño del voltador de cajas paletizadora Línea 2

## 5.2.6 Circuito general del sistema modificado

El circuito general se presenta en la figura 40, donde se unen todos los bloques antes mencionados para lograr la modificación en el sistema de despaletizado y paletizado en la línea 2.



**Figura 40**

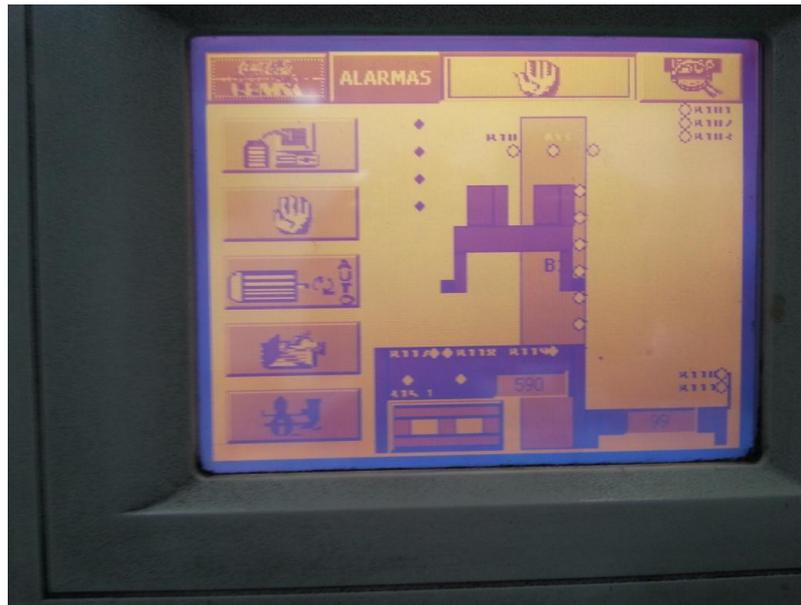
Circuito general del sistema modificado de paletizado y despaletizado línea 2

## 5.3 Descripción del software

### 5.3.1 Programación

El PLC, las pantallas táctiles, y los variadores de frecuencia se programaron según las necesidades de la modificación, en la cual, en el software Simatic Step se programa la modificación de entrada de sensores adicionales, más las salidas necesarias para el control de los motores y de los variadores para el PLC..

En el caso de las pantallas, estas se programan desde Win CC, para lograr crear la interfaz de usuario para colocar los botones con funciones específicas, en los cuales se agregó el modo manual para controlar los transportadores que están en el área de descarga de cajas, esto se observa en la figura 41, donde para poder realizar la operación manual, se debe accionar el botón que tiene un mano de fotografía, y posteriormente en la figura 42 ya es la interfaz dentro del modo manual, en donde el botón que dice Mesa 5 y Mesa 8, son para el control manual del sistema.



**Figura 41**

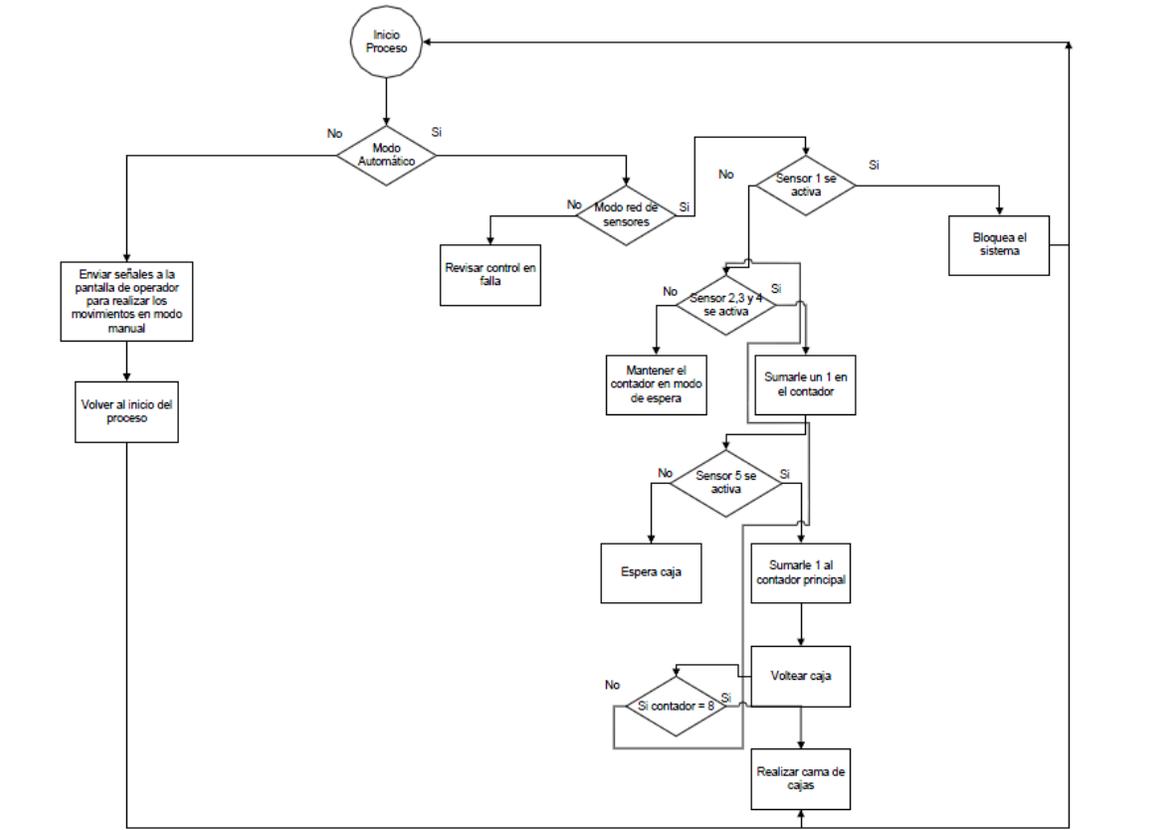
Diseño de la pantalla táctil de las máquinas de despaletizado y paletizado



**Figura 42**

Diseño de la pantalla táctil de las máquinas de despaletizado y paletizado

### 5.3.2 Diagrama de flujo del sistema modificado de despaletizado y paletizado línea 2



**Figura 43.**  
Diagrama de flujo del sistema

El diagrama de flujo muestra las rutinas implementadas en el PLC, desde el modo de ejecución del sistema, ya sea en modo manual o automático, como el sistema cuenta con una red de sensores, el sensor 1 que es el sensor de seguridad, al activarse se detiene el sistema, en caso contrario, el sistema comenzará a realizar el conteo de cajas hasta que llegue al número indicado para realizar el volteo de cajas, su voltea cajas cuando el contador cuenta 2 y 8,

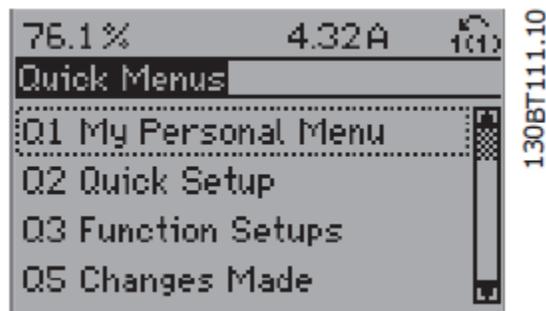
mientras que para el caso de la paletizadora, el contador activa los separadores cuando se cuentan 4 y 5, y voltea cajas con los números 2 y 8.

Adicionalmente, la etapa de potencia se ejecuta simultáneamente con la etapa neumática con la activación de las electroválvulas de los volteadores.

#### 5.4 Variadores de frecuencia

A continuación se muestra en la tabla 3 se muestran los datos básicos de cada uno de los motores a controlar por los variadores, los cuales se programaron en los variadores de frecuencia, estos si se programan de manera adecuada, el LED de operación correcta, este se muestra en la figura 46.

Primeramente, se muestra una pantalla en la cual se puede seleccionar una configuración rápida, configuración personalizada y corroborar cambios que se hayan hecho al equipo en tiempo pasado. Esto se muestra en la figura 44.



**Figura 44.**  
Inicio del sistema

En el menú principal del sistema, se observa los datos básicos del sistema, estos se pueden elegir con las flechas  $\rightarrow$ ,  $\leftarrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\downarrow$ , más la tecla "ok", esto se observa en la figura 46.



**Figura 45.**  
Datos del motor controlado

**Tabla 3**  
Datos de los motores que controlan la banda transportadora

Características	Valor
Tensión	220 [VAC]
Amperaje	3.54[A]
Potencia	0.75[kW]
Potencia HP	1



**Figura 46.**  
Variadores ya configurados y trabajando en modo automático

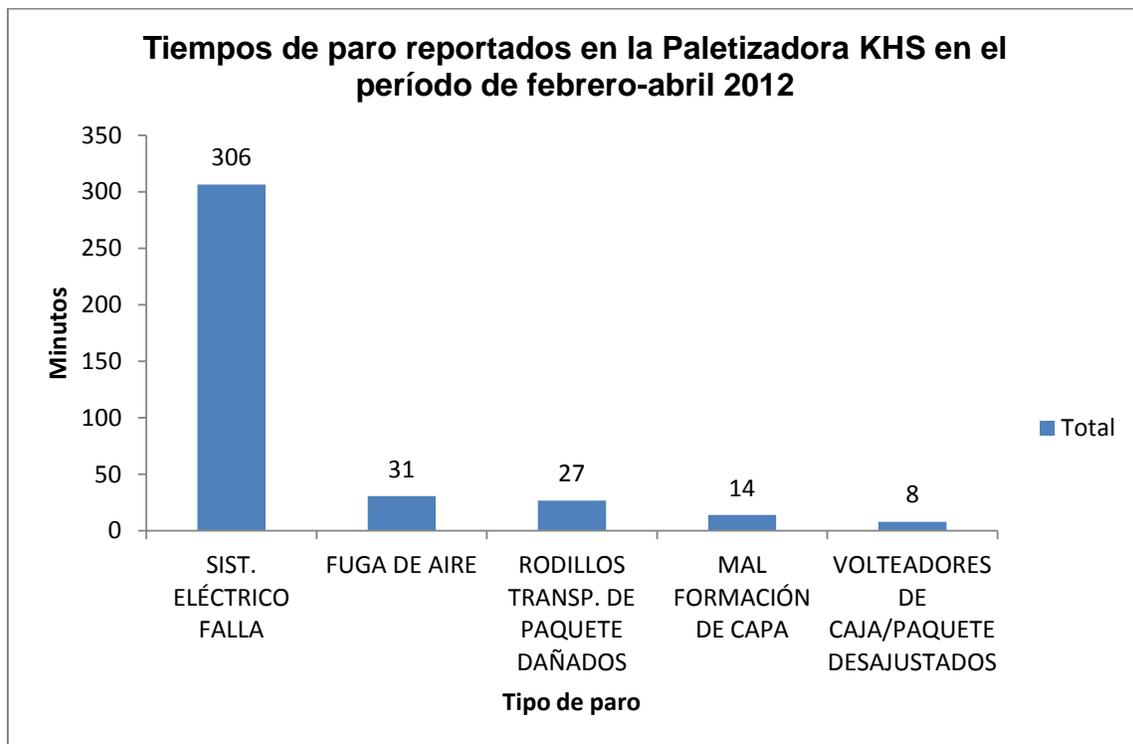
## 6. Capítulo 6. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Resultados

En cuanto a resultados según paros de equipo de línea, específicamente en el sector de paletizado y despaletizado se obtuvo una mejora en los tiempos de paro del equipo, esto se observa en los gráficos 1 y 2, en donde para el período de febrero a abril del 2012, el paro por fallas eléctricas sumaba los 306 minutos, la malformación de tarimas tenía 14 minutos y los separadores tenían un tiempo de 8 minutos, mientras que luego de la modificación en ese mismo período, de febrero a abril pero ahora del 2013, se tuvo una reducción en fallas eléctricas de más de un 1000%, ya que se obtuvo un valor de 12 minutos de fallas eléctricas, y adicionalmente se eliminaron los problemas de malformación de tarimas y las fallas de los separadores. [11]

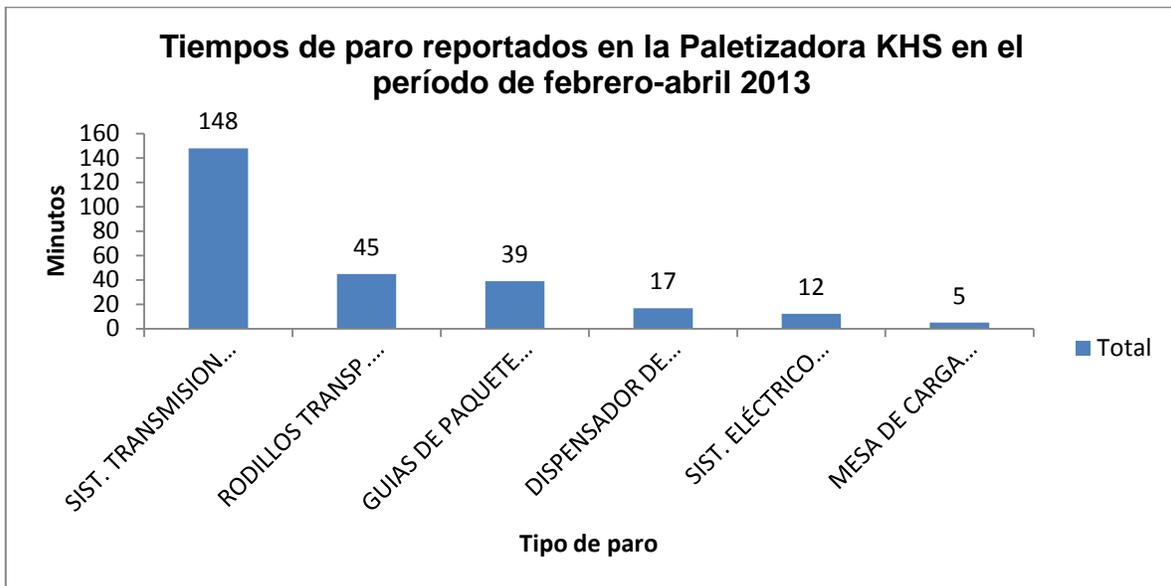
**Gráfico 1.**

Reporte de paros mecánicos y eléctricos en la paletizadora período febrero-abril 2012



**Gráfico 2.**

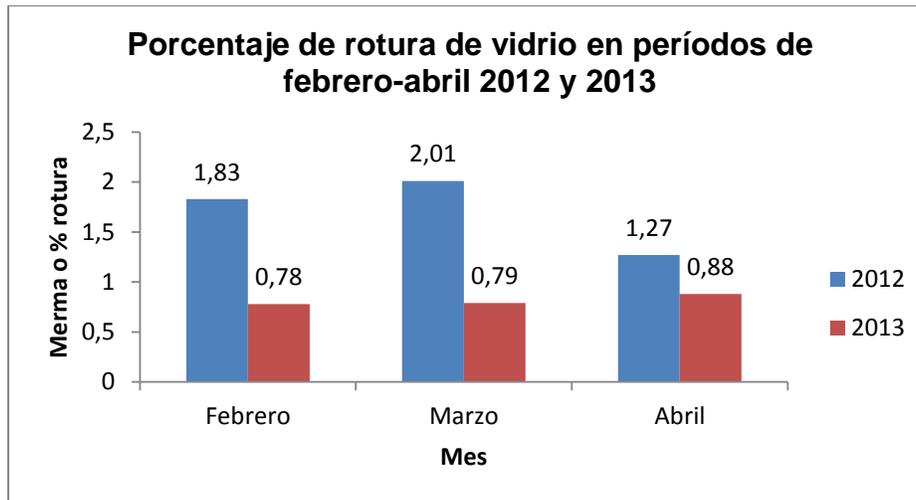
Reporte de paros mecánicos y eléctricos en la paletizadora período febrero-abril 2013



En cuanto a la merma por envase de vidrio quebrado, como se observa en la gráfica 3, se tiene una tendencia a la baja en merma o rotura de envase, esto debido a que se minimizó el uso de tarima de madera que por desgaste podría ocasionar la caída de tarimas, como se muestra en dicha gráfica, el porcentaje de cajas por tarima realizada se disminuyó gradualmente este año, lo que provoca ahora la merma de envase es más que todo el desgaste de las botellas, que son rechazadas por los inspectores electrónicos de calidad del sistema. [12]

**Gráfico 3.**

Comparación de reporte de porcentaje de merma de envase de vidrio en 2012 y 2013



## 6.2 Conclusiones

- La utilización de una unidad de control de múltiples entradas y salidas es esencial en la industria, para poder realizar modificaciones a corto plazo dependiendo de los requerimientos dentro de la misma empresa.
- La utilización de variadores de frecuencia es necesaria para evitar saturaciones en los procesos y así no retardar procesos en los que los motores son esenciales.
- Es de suma importancia la colocación de sensores y de dispositivos de desconexión de equipos a los cuales se les realiza mantenimientos preventivos o correctivos.
- La utilización de pantallas táctiles facilitan el aprendizaje de los operadores nuevos y que se acostumbren al equipo de manera rápida y eficiente.
- Se realizó la modificación del sistema para un nuevo acomodo, homologando los dispositivos utilizados en otras líneas de producción para evitar tener diferencias de componentes entre líneas y así beneficiar el cambio de refacciones dañadas y la acostumbrar a los técnicos a los mismos equipos en las diferentes líneas de producción.

- Se comparó tiempos perdidos por equipo de línea en períodos similares entre 2012 y 2013, con un resultado de una mejora en los tiempos de paro de las máquinas en lo que se refiere a la parte eléctrica.
- La merma de envase de vidrio se redujo en casi 1 caja de producto quebrado por tarima realizada.

### **6.3 Recomendaciones**

- Se debe de realizar mantenimiento preventivo de los equipos, homologando este mantenimiento con los otros mantenimientos de los otros equipos.
- A la hora de realizar una nueva modificación, el sistema ya tendrá avances para evitar comenzar desde cero una modificación.
- Se puede implementar la rutina para agregar más variadores de frecuencia, con el fin de que todos los motores dentro de la planta cuenten con estos dispositivos que controlen su funcionamiento de manera eficiente.

## 7. Capítulo 7. APÉNDICES

### A.1 Resumen del proyecto

Nombre del proyecto: Modificación de despaletizado y paletizado línea 2

- Empresa en que se realiza: Coca-Cola Femsa de Costa Rica.
- Nombres de los estudiantes que realizan el proyecto:

Wilberth Real Durán. 200405353.

- Asesor por parte de la empresa:

Ing. Esteban Brenes Solís. Ingeniero Electromecánico.

Teléfono: 60407956, Email: esteban.brenes@kpf.com.mx

- Profesor asesor por parte de la Escuela de Electrónica:

Ing. Marvin Hernández Cisneros, Ingeniero Electrónico.

Teléfono: 87850364. Email: marhernandez@itcr.ac.cr

## A.2 Bibliografía

- [1] Principios de neumática. <http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA.htm> Visitada el jueves 7 de marzo de 2013.
- [2] Sense electronics [http://www.sense.com.br/produtos/detalhes\\_produto.php?pn=55915004](http://www.sense.com.br/produtos/detalhes_produto.php?pn=55915004). Visitada el jueves 7 de marzo de 2013.
- [3] FESTO. [http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/17269/Ventile\\_es.pdf](http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/17269/Ventile_es.pdf). Visitada el jueves 7 de marzo de 2013.
- [4] ecatalog motores WAG. <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-ssw-07-ssw-08-kit-ip20-size-4-10000602100-installation-guide-english.pdf>. Visitada el jueves 7 de marzo de 2013.
- [5] Wikimedia, Wikipedia. Profibus. <http://en.wikipedia.org/wiki/Profibus> Visitada el jueves 4 de abril de 2013.
- [6] Siemens. PLC S7-300. <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-300/communication/Pages/Default.aspx> Visitada el jueves 4 de abril de 2013
- [7] Rashid, M. (2004). *Electronica de potencia, circuitos , dispositivo y aplicaciones*. Mexico DF: Prentice Hall.
- [8] Franco, S. (2004). *Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos*. Mexico ,Tercera Edicion: McGrawHill.
- [9] Siemens. Pantalla TP 177. [https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Desigo--S7---Touch-Panel-S7-TP177\\_A6V10258752\\_hq-en.pdf](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Desigo--S7---Touch-Panel-S7-TP177_A6V10258752_hq-en.pdf) Visitada el jueves 4 de abril del 2013.
- [10] Goma de nitrilo. <http://www.habasit.com/es/goma-nitrilo-butadieno.htm> Visitada el sábado 13 de abril del 2013.
- [11] Tomado del software de la planta SAP R/3, en su módulo PM. Transacción ZRPP04.
- [12] Tomado del software Indicadores Modelo Femsa, en los gráficos de porcentaje de rotura de envase.

### A.3 Presupuesto

**Tabla 4.**  
Presupuesto del proyecto

Artículo	Precio (Dólares)	Precio (Colones)
Fotoceldas	2203.25	1112646
Electroválvulas	562.36	284140
Bandas nitrilo	346.48	175150.76
Variadores de frecuencia	2390	1206929
Contactores de potencia	60	30000
Mangueras 8mm	3	1468
Reflectores	69.3	35000
Motor	435.64	220000
Total	4089.77	2065333.76

#### A.4 Carta Biblioteca

Señores

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Biblioteca José Figueres Ferrer

Yo Wilberth Real Durán carné 200405353, autorizo a la Biblioteca José Figueres del Instituto Tecnológico de Costa Rica disponer del Trabajo Final realizado por mi persona, con el título Modificación de despaletizado y paletizado Línea 2, para ser ubicado en la Biblioteca Digital y ser accesado a través de la red

Internet.

  
1-1275-0949

Firma de estudiante

Cédula

## A.5 Hoja de Información del proyecto

### Información del estudiante:

**Nombre:** Wilberth Real Durán

**Cédula:** 1-1295-0949      **Carné ITCR:** 200405353

**Dirección de su residencia en época lectiva:** Moravia San Rafael, del Liceo de Moravia, 150m este y 75m norte. Casa 52A.

**Dirección de su residencia en época no lectiva:** Moravia San Rafael, del Liceo de Moravia, 150m este y 75m norte. Casa 52A.

**Teléfono en época lectiva:** 70168828, 22401104.

**Teléfono época no lectiva:** 70168828, 22401104.

**Email:** wrdtom@gmail.com      wilbert.real@kof.com.mx      **Fax:**

### Información del proyecto:

**Nombre del Proyecto:** Modificación de despaletizado y paletizado Línea 2

**Área del Proyecto:** Automatización, potencia.

### Información de la empresa:

**Nombre:** Coca-Cola FEMSA de Costa Rica.

**Zona:** San José, Goicoechea, Calle Blancos.

**Dirección:** 125m este de la Guardia Rural de Calle Blancos.

**Teléfono:** 22472087.      **Fax:** **Apartado:**

**Actividad Principal:** Embotelladora de bebidas.

### Información del encargado en la empresa:

**Nombre:** Esteban Brenes Solís.

**Puesto que ocupa:** Ingeniero Proyectos.

**Departamento:** Mantenimiento

**Profesión:** Ing. Electromecánico.      **Grado académico:** Bachillerato.

**Teléfono:** 60407956      **Ext.:** 22472543

**Email:** esteban.brenes@kof.com.mx

**Información del asesor en la empresa:**

**Nombre:** Esteban Brenes Solís.

**Puesto que ocupa:** Ingeniero Proyectos.

**Departamento:** Mantenimiento

**Profesión:** Ing. Electromecánico. **Grado académico:** Bachillerato.

**Teléfono:** 60407956 **Ext.:** 22472543

**Email:** esteban.brenes@kof.com.mx