

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Escuela de Ingeniería Electrónica**



**Crown Cork Centroamericana S.A.**

**Automatización y Modernización del proceso de fabricación  
de envases sanitarios en la línea FBB 202-211**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el Grado de Bachiller en  
Ingeniería Electrónica**

**Cristian Ureña Hernández**

**Cartago, diciembre de 2001**

## Dedicatoria

*A mis padres, por el amor, la confianza y el apoyo que siempre me han brindado, por enseñarme a valorar el trabajo, a tener respeto por la vida, por permitirme desde niño ser libre e independiente, a mis hermanos y hermanas que siempre han apoyado en mis decisiones y han sabido perdonar mis errores... les dedico este triunfo de todo corazón.*

## **Agradecimiento**

Primero a Dios por darme la vida tan maravillosa que tengo... Agradezco al Ing. Ronald Zamora por el apoyo, preocupación y principalmente por su amistad, a la compañía Crown Cork Centroamericana S.A. por haberme permitido realizar este proyecto para optar por el Grado de Bachiller en Ingeniería Electrónica, al Sr. Miguel Gómez por sacrificarse desinteresadamente al haberme prestado su computadora, al Sr. Alberto Álvarez Rojas por su apoyo y colaboración, al Sr. Francisco Herrera por su valioso interés en el desarrollo del proyecto.

Agradezco a los señores Francisco Varela, Fernando Medina, Leonel Salas, Vladimir Leandro, Gerardo Víquez, Miguel Agüero, Manuel Solano, Hugo Zúñiga; por el apoyo, colaboración y amistad que siempre me brindaron. En general a todas aquellas personas de la compañía que siempre me regalaron un gesto de amabilidad y buenos ratos de humor.

Finalmente agradezco a todos mis amigos del ITCR y de San Antonio que siempre me apoyaron; muy especialmente a las familias Rodríguez Núñez y Arias Núñez por escuchar mis problemas y por ayudarme siempre a seguir adelante.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>X</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XII</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la empresa.	1
1.2 Definición del problema y su importancia	3
1.3 Objetivos	5
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>7</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>7</b>
2.1 Estudio del problema a resolver	7
2.2 Requerimientos de la empresa	12
2.3 Solución propuesta	13
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>18</b>
<b>PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>22</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO</b>	<b>22</b>
4.1 PLC MicroLogix 1500.	22
4.2 PanelView 300.	26
4.3 Fuente de poder de corriente directa	28
4.4 Módulo de expansión de entradas digitales	30
4.5 Convertidor de interfaz	32
4.6 Sensores	34
4.7 Pistones	35
4.8 Electroválvulas	37
4.9 Unidad de mantenimiento	38

<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>40</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO</b>	<b>40</b>
5.1 Módulo de control PRINCIPAL	42
5.2 Módulo de control EMPAQUE	45
5.3 Módulo de control PROBADORA	48
5.4 Módulo de control CERRADORA	50
5.5 Módulo de control PESTAÑEADORA	53
5.6 Módulo de control CANAL AÉREO	55
5.7 Módulo de control CAMELLO	58
5.8 Módulo de control SOLDADORA	60
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>63</b>
<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS</b>	<b>63</b>
6.1 Explicación del diseño	65
6.2 Alcances y limitaciones	80
<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>82</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>82</b>
7.1 Conclusiones	82
6.2 Recomendaciones	83
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>84</b>
<b>APÉNDICES Y ANEXOS</b>	<b>85</b>
<b>APÉNDICE A.1 CARACTERÍSTICAS DEL ESTÁNDAR 202X308 Y 211X 304</b>	<b>85</b>
<b>APÉNDICE A.2 ABREVIATURAS</b>	<b>86</b>
<b>APÉNDICE A.3 SIMBOLOGÍA</b>	<b>88</b>
<b>APÉNDICE A.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PLC SIEMENS</b>	<b>88</b>
<b>APÉNDICE A.5 FACTOR DE FUERZA PARA LOS PISTONES</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO B.1 DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	<b>Línea de producción FBB 202-211</b>	<b>4</b>
<b>Figura 1.2</b>	<b>PLC FPC- 202 marca Festo</b>	<b>4</b>
<b>Figura 2.1</b>	<b>Proceso de producción de envases sanitarios 202-211</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2.2</b>	<b>Elevador camello</b>	<b>9</b>
<b>Figura 2.3</b>	<b>Pestañeadora 202</b>	<b>9</b>
<b>Figura 2.4</b>	<b>Cerradora 211</b>	<b>10</b>
<b>Figura 2.5</b>	<b>Probadora neumática</b>	<b>10</b>
<b>Figura 2.6</b>	<b>Elevador de empaque</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2.7</b>	<b>Diagrama general del sistema de automatización para la FBB</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2.8</b>	<b>Diagrama general de distribución de componentes</b>	<b>17</b>
<b>Figura 4.1</b>	<b>MicroLogix 1500 con procesador 1761-IRP</b>	<b>23</b>
<b>Figura 4.2</b>	<b>PanelView 300</b>	<b>26</b>
<b>Figura 4.3</b>	<b>Fuente de poder 1769-PA2</b>	<b>28</b>
<b>Figura 4.4</b>	<b>Módulo de expansión de entradas digitales 1769-IQ16</b>	<b>30</b>
<b>Figura 4.5</b>	<b>Convertidor de interfaz 1761-NET-AIC</b>	<b>33</b>
<b>Figura 4.6</b>	<b>Sensor retroreflectivo 42GRU-9000</b>	<b>34</b>
<b>Figura 4.7</b>	<b>Pistón doble efecto RLB01A-DAP-AA90</b>	<b>36</b>
<b>Figura 4.8</b>	<b>Electroválvula V12R517A-B318B</b>	<b>37</b>
<b>Figura 4.9</b>	<b>Unidad de mantenimiento</b>	<b>38</b>

<b>Figura 5.1</b>	<b>Diagrama de flujo del módulo PRINCIPAL</b>	<b>44</b>
<b>Figura 5.2</b>	<b>Diagrama de flujo del control de EMPAQUE</b>	<b>46</b>
<b>Figura 5.3</b>	<b>Diagrama de flujo del módulo EMPAQUEON</b>	<b>46</b>
<b>Figura 5.4</b>	<b>Diagrama de flujo del módulo EMPAQUEOFF</b>	<b>47</b>
<b>Figura 5.5</b>	<b>Diagrama de flujo del control de la PROBADORA</b>	<b>48</b>
<b>Figura 5.6</b>	<b>Diagrama de flujo para el módulo PROBAON</b>	<b>49</b>
<b>Figura 5.7</b>	<b>Diagrama de flujo para el módulo PROBAOFF</b>	<b>50</b>
<b>Figura 5.8</b>	<b>Diagrama de flujo para el control de la CERRADORA</b>	<b>51</b>
<b>Figura 5.9</b>	<b>Diagrama de flujo para el módulo CERRAON</b>	<b>52</b>
<b>Figura 5.10</b>	<b>Diagrama de flujo para el módulo CERRAOFF</b>	<b>53</b>
<b>Figura 5.11</b>	<b>Diagrama de flujo para el módulo CORTAFONDO</b>	<b>53</b>
<b>Figura 5.12</b>	<b>Diagrama de flujo para el control de la PESTAÑEADORA</b>	<b>54</b>
<b>Figura 5.13</b>	<b>Diagrama de flujo para el módulo PESTAOFF</b>	<b>55</b>
<b>Figura 5.14</b>	<b>Diagrama de flujo para el módulo PESTAON</b>	<b>55</b>
<b>Figura 5.15</b>	<b>Diagrama de flujo para el control del FLUJO AÉREO</b>	<b>56</b>
<b>Figura 5.16</b>	<b>Diagrama de flujo para el módulo FBBON</b>	<b>57</b>
<b>Figura 5.17</b>	<b>Diagrama de flujo para el módulo FBBOFF</b>	<b>57</b>
<b>Figura 5.18</b>	<b>Diagrama de flujo para contar ENVASES EVACUADOS</b>	<b>58</b>
<b>Figura 5.19</b>	<b>Diagrama de flujo para detectar bloqueos</b>	<b>59</b>
<b>Figura 5.20</b>	<b>Diagrama de flujo del módulo BLOQUEOON</b>	<b>60</b>

<b>Figura 5.21</b>	<b>Diagrama de flujo para el control en la SOLDADORA</b>	<b>61</b>
<b>Figura 5.22</b>	<b>Diagrama de flujo para el módulo E/BARNIZ</b>	<b>62</b>
<b>Figura 5.23</b>	<b>Diagrama de flujo para el módulo D/BARNIZ</b>	<b>62</b>
<b>Figura 6.1</b>	<b>Ubicación del sensor SC1</b>	<b>66</b>
<b>Figura 6.2</b>	<b>Diagrama escalera para activar el barniz exterior</b>	<b>66</b>
<b>Figura 6.3</b>	<b>Ubicación del sensor SECB</b>	<b>67</b>
<b>Figura 6.4</b>	<b>Diagrama escalera para control de bloqueos</b>	<b>68</b>
<b>Figura 6.5</b>	<b>Ubicación del sensor SCLL</b>	<b>69</b>
<b>Figura 6.6</b>	<b>Diagrama escalera para el control de flujo de envases</b>	<b>69</b>
<b>Figura 6.7</b>	<b>Ubicación del sensor de entrada SEP2</b>	<b>70</b>
<b>Figura 6.8</b>	<b>Ubicación del sensor de salida SSP2</b>	<b>70</b>
<b>Figura 6.9</b>	<b>Diagrama escalera para el control en la pestañeadora 211</b>	<b>71</b>
<b>Figura 6.10</b>	<b>Ubicación del sensor de salida SCS2</b>	<b>72</b>
<b>Figura 6.11</b>	<b>Ubicación del sensor de entrada SCE2</b>	<b>72</b>
<b>Figura 6.12</b>	<b>Ubicación del sensor de sincronización SSF2</b>	<b>73</b>
<b>Figura 6.13</b>	<b>Ubicación del pistón de entrada PC2</b>	<b>73</b>
<b>Figura 6.14</b>	<b>Ubicación del pistón corta fondo PF2</b>	<b>74</b>
<b>Figura 6.15</b>	<b>Diagrama escalera para el control en la cerradora 211</b>	<b>75</b>
<b>Figura 6.16</b>	<b>Ubicación del pistón PPN</b>	<b>76</b>
<b>Figura 6.17</b>	<b>Diagrama escalera para el control en la probadora neumática</b>	<b>77</b>



<b>Figura 6.18</b>	<b>Ubicación del sensor SELL</b>	<b>79</b>
<b>Figura 6.19</b>	<b>Diagrama escalera para el control en la zona de empaque</b>	<b>79</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 4.1</b>	<b>Especificaciones generales de la unidad base MicroLogix 1500</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 4.2</b>	<b>Características generales del PanelView 300</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 4.3</b>	<b>Especificaciones de la fuente de poder 1769-PA2</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 4.4</b>	<b>Especificaciones del módulo 1769-IQ16</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 4.5</b>	<b>Funciones para las entradas digitales del módulo 1769-IQ16</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 4.6</b>	<b>Especificaciones del sensor 42GRU-9000</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 4.7</b>	<b>Especificaciones del pistón RLB01A-DAP-AA90</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 4.8</b>	<b>Especificaciones del pistón RLC01A-DAP-AA90</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 4.9</b>	<b>Especificaciones de la electroválvula V12R517A-B318B</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 4.10</b>	<b>Especificaciones del filtro y regulador B72G-2AK-AL3-RMG</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 4.11</b>	<b>Especificaciones del lubricador L72M-2AP-QLN</b>	<b>39</b>

## Resumen

Hoy en día es vital para las compañías industriales estar a la vanguardia de la tecnología y así poder satisfacer las demandas del mercado. La automatización y modernización permiten aumentar la eficiencia de los procesos industriales.

Con el objetivo de mejorar el desempeño en la producción de envases sanitarios en la línea FBB 202-211 se implementó un nuevo sistema de control basado en un PLC MicroLogix 1500, marca Allen Bradley. Como parte del proyecto se instalaron sensores, pistones y electroválvulas distribuidos estratégicamente en toda la línea. Una vez instalado el equipo físico necesario para controlar el proceso de producción de envases sanitarios 202 y 211, se programó en el lenguaje RSLogix 500 y PanelBuilder32 el algoritmo de control para el manejo de tales dispositivos.

Gracias a este proyecto, la compañía Crown Cork Centroamericana S.A. cuenta ahora con un sistema de control moderno y de alta calidad. Como uno de los resultados más importantes del proyecto, se logró cambiar el modo de funcionamiento de las “cerradoras” de un estado de paro y arranque, a un estado de funcionamiento continuo; además, el proceso de producción se deshabilita automáticamente en caso de bloqueos en el “elevador camello”, con esto se aumenta la seguridad de la línea al evitar accidentes a los operadores.

**Palabras claves:** Automatización, Procesos industriales, Sistema de control, Sensores, Pistones, Electroválvulas, Cerradora, Elevador Camello.

## **Abstract**

Nowadays, it is vital for industrial companies to be in the vanguard of technology and to be able to satisfy the demands of the market. The automation and modernization of the plants increases the efficiency of industrial processes.

With the object of improving the production of sanitarium containers of the Line FBB 202-211, a new control system was implemented based on a PLC MicroLogix 1500 from Allen Bradley mark. As part of the project, sensors, pistons and electrovalves were strategically distributed through out the process line. Once installed the necessary hardware to control the process, the PLC MicroLogix 1500 was programmed with the software RSLogix 500 while the PanelView 300 was programmed with the software PanelBuilder32.

Thanks to this project, Crown Cork Centroamérica S.A. has a modern and high quality control system. As one of the most important results of the project, it was possible to change the way of operation of the "cerradoras" from a passive state to a state of continuous operation; also, the "elevador camello" has now a security system that disables the production process automatically in case it gets stuck, avoiding accidents to the operators.

**Keywords:** Automation, Industrial processes, Control System, Sensors, Pistons, Electrovalves, Cerradora, Elevador Camello.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

---

### **1.1 Descripción de la empresa.**

#### **1.1.1 Descripción general.**

La compañía CROWN CORK CENTROAMERICANA S.A. es una filial de CROWN CORK & SEAL COMPANY INC., cuya sede se encuentra en Philadelphia, Estados Unidos. CROWN CORK & SEAL COMPANY INC. nació en 1892 como la innovadora de la clásica tapa corona, la cual es usada actualmente en refrescos gaseosos como: Coca Cola, Pepsi, Fanta; así como en cervezas. Durante muchos años permaneció produciendo la tapa corona, hasta que en 1956 John F. Connelly tomó en mando de la compañía y la transformó en una empresa global de empaque.

En un principio el objetivo de la compañía era la fabricación de chapas o tapas coronas e iniciaron sus labores con el actual nombre en el distrito de Echeverría ubicado en Belén, Heredia. Los primeros clientes fueron la Coca Cola, Pepsi Cola y Canada Dry, así como algunos pequeños siropes del país. Posteriormente exportaron su producto a otros países de Centroamérica donde fue bien acogido debido a la escasa competencia y al precio atractivo al que se ofrecía. Además de esta actividad, CROWN CORK CENTROAMERICANA S.A. vendía la maquinaria para embotellar bebidas gaseosas y cerveza, maquinaria que era fabricada por Crown Cork & Seal.

La compañía cuenta con un área de aproximadamente 10,200 metros cuadrados dedicada únicamente a la producción de envases de hojalata para alimentos y tapas metálicas para bebidas gaseosas y cerveza. Es importante señalar que aproximadamente un 80% de la producción de tapas metálicas y un 35% de la producción de envases de hojalata son exportados a Centroamérica y el Caribe.

Actualmente en la compañía laboran aproximadamente 135 personas conformados por misceláneos, cocineros, operarios, técnicos, ingenieros y personal administrativo. El gerente de la planta en Costa Rica es el Señor Alberto Álvarez Rojas.

### **1.1.2 Descripción del departamento donde se realizó el proyecto de graduación.**

El proyecto de graduación se realizó en el Departamento de Mantenimiento, donde laboran directamente 18 personas entre ellos: 8 Mecánicos Soldadores, 3 Mecánicos de Precisión, 2 Electromecánicos, 3 Técnicos Electricistas incluido el Sr. Leonel Salas y el Ingeniero Mecánico Ronald Zamora Ramírez, jefe de dicho departamento.

Este departamento debe velar por el mantenimiento y reparación de las diferentes máquinas de cada línea de producción, además de la búsqueda del mejoramiento de las mismas. Es además deber de este departamento el mantener el correcto funcionamiento así como el constante mejoramiento y modernización de los equipos de control de dichas líneas de producción.

## 1.2 Definición del problema y su importancia

La empresa CROWN CORK CENTROAMERICANA S.A. cuenta con varias líneas de producción, entre ellas se encuentra la denominada FBB 202-211, tal y como se muestra en la [figura 1.1](#). En esta línea se producen dos tipos de envases sanitarios metálicos identificados bajo el estándar 202x308 y 211x304 (ver [Apéndice A.1](#)). La FAEL es otra línea dedicada a la producción de envases sanitarios, las líneas PLASMATIC 1200 y 2500 están dedicadas a la producción de chapas corona y CANECOS la cual está dedicada a la producción de envases para atún. Existen departamentos que complementan el proceso de producción: FONDO SANITARIO donde se producen los fondos para los envases, CIZALLAS donde se cortan las láminas para fabricar los envases, LITOGRAFÍA donde se realiza un barnizado e impresión en las láminas que son utilizadas por las PLASMATIC para producir las chapas corona.

Anteriormente la FBB 202-211 funcionaba con un sistema basado en dos PLC's FPC- 202 marca FESTO (ver [figura 1.2](#)). Aunque estos PLC's son muy robustos, y de hecho han funcionado adecuadamente por mucho tiempo, no tienen soporte técnico, lo cual limita su mantenimiento. Por otro lado su capacidad ya está agotada, por lo que si hubiera que realizar una nueva etapa de automatización o controlar una nueva función se debería agregar nuevo hardware, incrementando los costos de inversión y actualización del proceso.

Para la empresa el proyecto es de suma importancia ya que debido a la demanda existente de envases sanitarios de este tipo, se requiere tener un sistema de control automático del proceso de producción mucho más integrado, moderno y optimizado, lo cual le brindará la posibilidad de incrementar el nivel de producción con mayor eficiencia.



**Figura 1.1** Línea de producción FBB 202-211



**Figura 1.2** PLC FPC- 202 marca FESTO



## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general.**

El objetivo general fue mejorar el desempeño en la producción de envases sanitarios en la línea FBB 202-211 mediante el diseño e implementación de un nuevo sistema de control. Dicho sistema se basó en un PLC MicroLogix 1500, marca Allen Bradley.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Estudiar a fondo el funcionamiento total del proceso de producción de envases sanitarios.
2. Analizar la cantidad, tipo y características de las variables a controlar.
3. Determinar la ubicación más adecuada de los sensores a utilizar para controlar esas variables.
4. Determinar todas las variables de entrada y salida del sistema.
5. Seleccionar un controlador lógico programable (PLC) capaz de manejar todas las variables involucradas en el proceso.
6. Determinar la cantidad, tipo y características de los pistones y electroválvulas que serán utilizadas.
7. Seleccionar el tipo de teclado y pantalla de interfaz para usuario.
8. Adquirir todos los dispositivos necesarios para el desarrollo del proyecto (PLC, sensores, electroválvulas, pistones, y demás).
9. Diseñar el algoritmo o lógica de programa necesario para controlar el proceso de producción considerando todos los detalles del caso (incluida la lógica de visualización).
10. Implementar los algoritmos anteriores en el lenguaje requerido por el PLC seleccionado previamente.
11. Realizar pruebas del funcionamiento de los sensores, electroválvulas y pistones a utilizar.
12. Probar individualmente, haciendo uso del PLC, el funcionamiento de cada módulo del algoritmo que conforma el programa principal.

13. Controlar el PLC por medio de un teclado y una pantalla como interfaz de usuario.
14. Comprobar en el laboratorio el funcionamiento total del sistema.
15. Comprobar en la planta (línea de producción) el funcionamiento total del sistema.
16. Realizar pruebas de funcionamiento total del sistema para corroborar el cumplimiento de los requerimientos exigidos.
17. Confeccionar un documento final referente al proyecto realizado.

## CAPÍTULO 2

### ANTECEDENTES

---

#### 2.1 Estudio del problema a resolver

En la [figura 2.1](#) se muestra el diagrama correspondiente al proceso de producción de dichos envases. El proceso da inicio en la soldadora FBB<sup>1</sup>, la cual se encarga de tomar el producto de entrada (lámina metálica), darle forma de cilindro (envase) y soldarla. El módulo denominado CPE<sup>2</sup> (Control de polvo electrostático) toma del DP (Depósito de polvo) el polvo, y controla la cantidad de polvo que se agrega en el sitio soldado, esto para evitar que se oxide, operación conocida como barnizado interno.

El polvo queda adherido a la lata por las propiedades electrostáticas de las partículas; una vez que el envase recibe un barnizado externo (barniz líquido), el envase pasa a través de un horno el cual se encarga de fijar los barnices a la lámina.

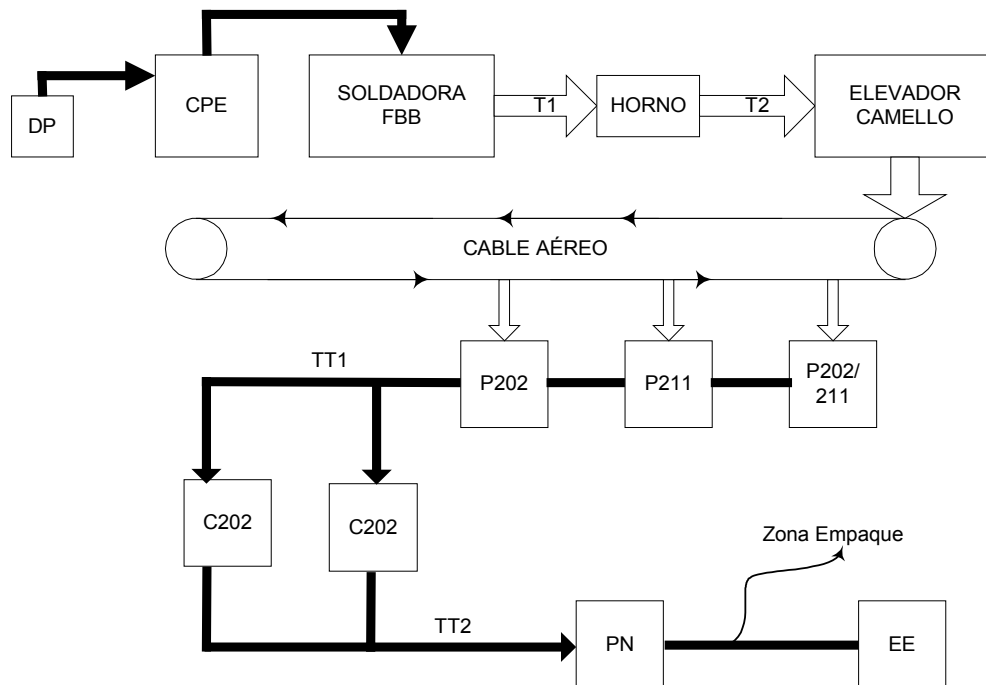
Posteriormente la lata es montada en un canal aéreo (aproximadamente 2.5 metros de altura) por medio de un “elevador camello” (ver [figura 2.2](#)), el cual es una estructura con una banda magnética impulsada por un motor. Este canal lleva el envase hasta las “pestañeadoras” (P202 y P211) las cuales son máquinas encargadas de formar pestañas en los bordes del envase (ver en la [figura 2.3](#) la imagen de la pestañeadora 202). Una vez que se da esta proceso el envase se transporta hasta las “cerradoras” (C202, C211) las cuales se encargan de ponerles fondo, en la [figura 2.4](#) se muestra la imagen de la “cerradora 211”.

---

<sup>1</sup> Fabricante: Soudronic AG, empresa suiza. FBB es un identificador del fabricante.

<sup>2</sup> Ver en el Apéndice A.2 la descripción de las abreviaturas utilizadas.

El envase cerrado es transportado hasta una “probadora neumática” (PN), como la mostrada en la [figura 2.5](#), que determina si el envase está defectuoso. Si no tiene defectos, el envase es transportado hasta un “elevador” (EE) donde se encuentran las personas encargados de empacar el producto. Este “elevador” se muestra en la [figura 2.6](#).



**Figura 2.1** Proceso de producción de envases sanitarios 202-211



**Figura 2.2** Elevador camello



**Figura 2.3** Pestañadora 202



**Figura 2.4** Cerradora 211



**Figura 2.5** Probadora Neumática



**Figura 2.6** Elevador de empaque

Entre las operaciones que realizaba el sistema anterior están: paro y arranque del “elevador de empaque”, de la “probadora neumática” y de las “cerradoras”, así como la activación y desactivación de pistones para el control de flujo de envases en las “pestañeadoras”, y también la habilitación y deshabilitación del suministro de lámina a la “soldadora FBB”.

Un problema que presentaba la línea de producción era la obsolescencia del PLC que controlaba el proceso, lo que limitaba las labores de mantenimiento, mejoramiento y ampliación del sistema encargado de controlar el proceso de producción de envases. Por otro lado, existía mucha lógica de control no integrada dentro de un mismo programa principal, ya que lo que se hacía era comprar hardware específico e instalarlo para solucionar alguna función de control dentro de la línea.

El control de flujo en las “cerradoras” se realizaba de forma inadecuada, ya que esta máquina estaba sujeta a constantes paros y arranques, lo cual aumentaba el desgaste mecánico y aumentaba el consumo de corriente. Además el sistema de control anterior no contemplaba un sistema de paro automático de emergencia del “elevador camello” en casos de bloqueos.

Uno de los problemas que presenta el proceso de producción de envases sanitarios en la línea FBB 202-211 es que no cuenta con un sistema de regulación automático de la temperatura del horno. Aunque esta parte fue considerada al principio como parte del proyecto, no se pudo implementar pues la empresa no contaba con el presupuesto necesario para solucionar esta necesidad, ya que el costo del equipo que debía adquirirse era bastante elevado.

## **2.2 Requerimientos de la empresa**

La empresa espera que el nuevo sistema instalado permita mejorar el desempeño en la producción de envases sanitarios, y por ende aumentar el nivel de producción de forma eficiente; en otras palabras, aumentar la cantidad de latas que se producen por minuto haciendo uso de los recursos disponibles, tanto mano de obra como maquinaria. Mejorar el desempeño implica mantener un adecuado control del flujo de envases en los canales, lo que se logra ajustando tiempos de activación y desactivación de los pistones de entrada a cada máquina, ya que éstas difieren en sus velocidades de operación; por otro lado debe mantenerse la línea produciendo de la forma más constante posible, para que exista una adecuada coordinación entre la labor de empaque y el proceso de fabricación de envases.

Por otra parte, la empresa espera que el nuevo sistema facilite el mantenimiento, mejoramiento y desarrollo de la línea de producción, lo cual es posible utilizando un



PLC con la capacidad de manejar y controlar todas las funciones requeridas por el proceso.

Además se requiere cambiar el modo de funcionamiento de las “cerradoras”, ya que estas están sujetas a un estado de paro y arranque repetitivo, que resulta inconveniente debido al desgaste mecánico y al elevado consumo de corriente que se da en el arranque de la máquina.

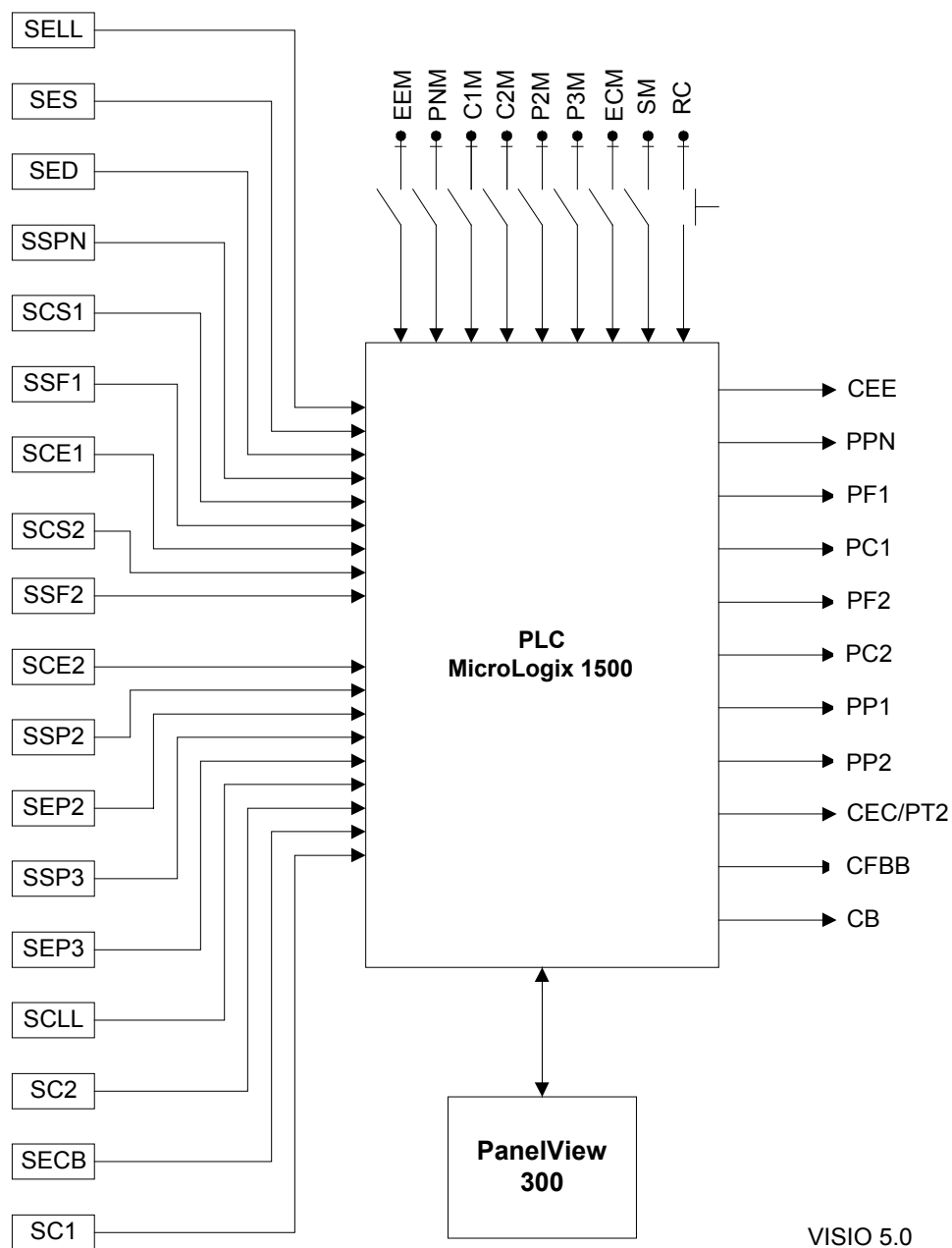
### **2.3 Solución propuesta**

Como se explicó anteriormente, la línea de producción de envases sanitarios FBB 202-211 presentaba algunos problemas en su funcionamiento debido a las limitaciones físicas del sistema previo, como por ejemplo: no existía un paro de emergencia del “elevador” camello en caso de bloqueo, las “cerradoras” estaban sujetas a constantes paros y arranques, no había una adecuada coordinación en los tiempos de activación y desactivación de los pistones que controlan el paso de envases.

Para solucionar este problema se implementó un sistema de control automático basado en un PLC MicroLogix 1500 de la marca ALLEN BRADLEY (ver [figura 4.1](#)) como dispositivo principal, el cual se encarga de chequear el estado de las señales de entrada brindadas por los sensores y activar o desactivar las señales de salida que controlan electroválvulas y contactores. El sistema cuenta además con un panel visual con teclado (ver [figura 4.2](#)) a modo de interfaz para el usuario, para que se pueda observar la cantidad de envases buenos, defectuosos, soldados y evacuados que se están produciendo.

En la [figura 2.7](#) se muestra el diagrama general del sistema de automatización implementado para la FBB. Este sistema no es retroalimentado, por lo que el estado de la salidas depende del estado de la entradas. En las entradas del MicroLogix 1500

se conectan las señales que vienen de los sensores y los selectores o pulsadores que definen el estado de alguna condición de salida, mientras que en la salida se conectan los contactores y electroválvulas, que se encargan de apagar o encender motores, y de activar o desactivar pistones, respectivamente.



**Figura 2.7** Diagrama general del sistema de automatización para la FBB<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Ver glosario de abreviaturas en Apéndice A.2

Para poder controlar los diferentes eventos que se presentan durante el proceso de producción se instalaron varios pistones, sensores y electroválvulas con el objetivo de controlar el flujo de envases. Por otro lado se incorporó al nuevo sistema el control de paro y arranque del “elevador camello”, el “elevador de empaque”, y el cordón del “canal aéreo”.

En la [figura 2.8](#) se muestra el diagrama de distribución de componentes en la línea (pistones, contactores y sensores). En la zona de empaque se encuentran las personas encargadas de acomodar los envases en las cajas, por lo que el estado del canal de empaque depende de ellos, cuando este canal se satura debe apagarse el motor del “elevador de empaque”, este motor se reinicia cuando el canal de empaque se desaloja. Para esto se instaló el sensor SELL4 y se utilizó el contactor CEE. La “probadora neumática” se encarga de revisar los envases que vienen de la “cerradora 202” (no chequea envases 211) y determina cual de estos está bien y cual está mal. El sistema anterior no registraba esta información, con el nuevo sistema se registran esas cantidades. Para ello se instalaron los sensores SED y SES. Para evitar que la “probadora” esté parando y arrancando se instaló el sensor SEPN que detecta cuando se llena el canal de entrada, y entonces se activa el pistón PPN que corta el flujo de envases que entran a la “probadora”.

Con el sistema anterior el control de flujo de envases en las “cerradoras” C202 y C211 se realizaba de forma ineficiente ya que cuando el canal de salida estaba lleno la máquina se detenía completamente, una vez que el canal de salida se desaloja la máquina se vuelve a activar de nuevo. Lo que hacen estas dos “cerradoras” es poner los fondos a los envases que llegan de las “pestañeadoras”.

Dado que los paros y arranques se repiten hasta dos veces por minuto el desgaste mecánico y el consumo de corriente en el arranque aumentan considerablemente. Con el nuevo sistema la “cerradora 202” (C202) trabaja en forma

---

<sup>4</sup> Ver abreviaturas en Apéndice A.2

constante gracias a que se instaló el pistón PC1 para cortar el flujo de envases, así como los sensores SCE1 para determinar cuando el canal de entrada está lleno y SCS1 para comprobar cuando el canal de salida está lleno. Se instaló el sensor SSF1 para sincronizar el corte de los fondos por medio del pistón PF1. Las mismas funciones son realizadas por los sensores SCE2 , SCS2 y SSF2, y por los pistones PF2 y PC” pero para la “cerradora 211” (C211).

El control de flujo en las “pestañeadoras” se realizó de la misma forma que lo hacía el sistema anterior. Cuando el canal de salida esta vacío (lo determina SSP1) y el canal de entrada está lleno (lo determina SEP1) entonces el pistón PP1 debe contraerse y permitir el paso de envases. En caso contrario el pistón se activa. El sensor SCLL se utiliza para determinar cuando el canal aéreo está lleno y con esto deshabilitar el suministro de lámina a la soldadora FBB, para esto se utiliza en contactor CFBB.

Otra novedad del nuevo sistema es que detecta automáticamente bloqueos en el “elevador camello”, para esto se instaló el sensor SECB. Cuando ocurre un bloqueo el sistema deshabilita el suministro de lámina a la soldadora FBB, se detiene el motor de elevador y se activa el pistón PT2, por medio del contactor CEC. Para contar los envases soldados se utiliza el sensor SC1, esta señal es utilizada para activar o desactivar el contactor CB el cual permite la aplicación del barniz exterior.

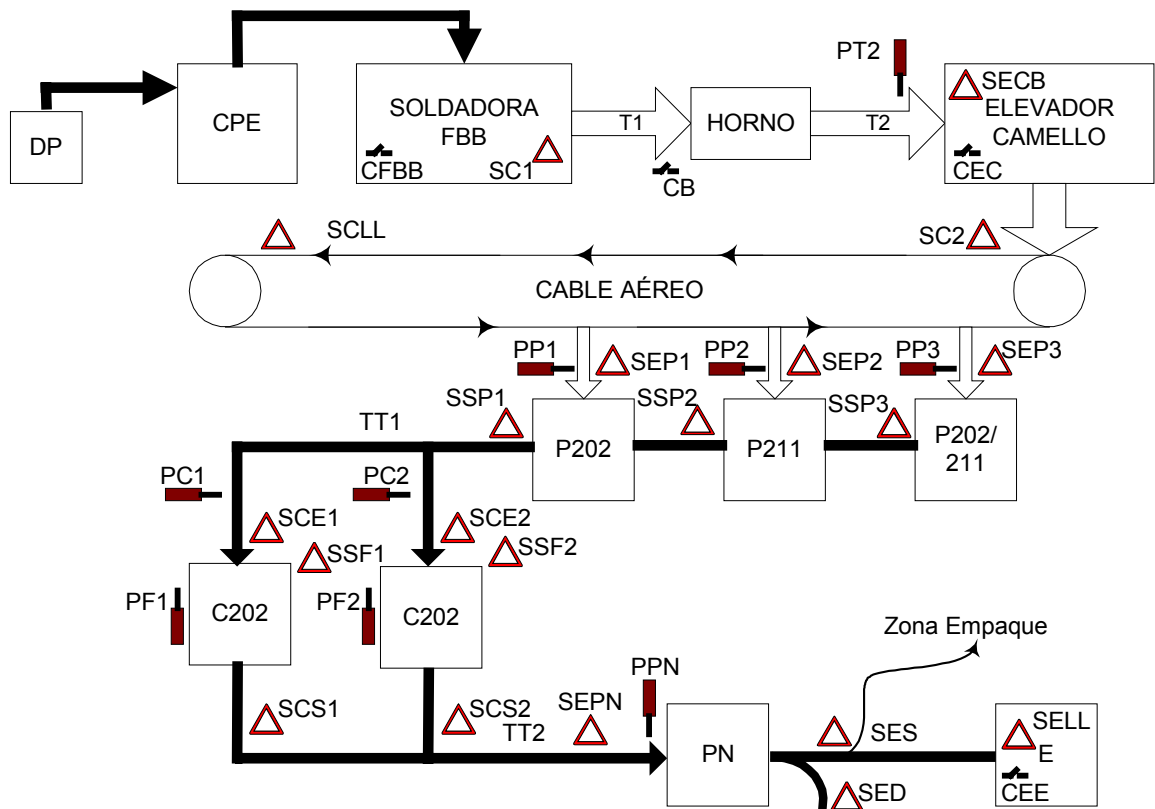


Figura 2.8 Diagrama general de distribución de componentes <sup>5</sup>

<sup>5</sup> Ver en Apéndice A.3 la descripción de la simbología utilizada.

## **CAPÍTULO 3**

### **PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

---

1. Estudiar a fondo el funcionamiento total del proceso de producción de envases sanitarios.
  - 1.1 Observar y analizar el funcionamiento de una línea de producción ya automatizada, visitando las que actualmente están produciendo.
  - 1.2 Consultar las fuentes de información disponibles con respecto al funcionamiento global de la línea de producción, por ejemplo: manuales, operadores, técnicos.
  - 1.3 Conocer las características eléctricas y funcionales de los diferentes módulos que intervienen en el proceso de fabricación de envases, adquiriendo manuales, diagramas o consultando al técnico encargado.
2. Analizar la cantidad, tipo y características de las variables a controlar.
  - 2.1 Definir en la planta de acuerdo a la función requerida el tipo de sensor que registrará la variable respectiva.
  - 2.2 Optimizar el número de variables de entrada, para tratar de disminuir gastos y ahorrar dispositivos.
3. Determinar la ubicación más adecuada de los sensores a utilizar para controlar esas variables.
  - 3.1 Determinar la ubicación de los sensores, electroválvulas y pistones a instalar para controlar adecuadamente el flujo de envases.
  - 3.2 Analizar las condiciones (eléctricas y ambientales) de cada módulo bajo las cuales los sensores serán instalados.
4. Determinar todas las variables de entrada y salida del sistema.
  - 4.1 Determinar de acuerdo a cada variable o estado de entrada la función o funciones de salida físicas y lógicas requeridas.
  - 4.2 Determinar las funciones de usuario, de operación y administración requeridas por el sistema, consultando al técnico encargado de la planta, ya

que se considerarán para el desarrollo de la lógica del programa y la selección del PLC.

5. Seleccionar un controlador lógico programable (PLC) capaz de manejar todas las variables involucradas en el proceso.
  - 5.1 Observar en catálogos disponibles en laboratorio o Internet el PLC más adecuado para poder controlar todas las variables involucradas, y si la empresa propone el uso de algún PLC en especial, analizar si tal dispositivo es el óptimo.
  - 5.2 Determinar de acuerdo a la función de salida deseada si es necesario adquirir algún o algunos módulos extras para expandir la capacidad del PLC seleccionado.
  - 5.3 Ubicar al proveedor del PLC y módulos de expansión, en caso de ser necesarios.
6. Determinar la cantidad, tipo y características de los pistones y electroválvulas que serán utilizadas.
  - 6.1 Ubicar en la planta (línea de producción) la cantidad de pistones y electroválvulas requeridas.
  - 6.2 Ubicar en cada módulo de la planta el lugar adecuado para instalar dichos dispositivos.
  - 6.3 Ubicar en algún catálogo, revista o Internet, al proveedor de dichos dispositivos.
7. Seleccionar el tipo de teclado y pantalla de interfaz para usuario.
  - 7.1 Determinar el tipo de interfaz para usuario requerido.
  - 7.2 Revisar catálogos en laboratorio o Internet sobre teclados y pantallas.
  - 7.3 Escoger el proveedor, de acuerdo a los recursos y exigencias requeridas por la empresa.
8. Adquirir todos los dispositivos involucrados en el proyecto (PLC, sensores, electroválvulas, pistones y otros).
  - 8.1 Formular la orden de compra de todos los dispositivos seleccionados y requeridos.

- 8.2 Realizar la compra de dichos dispositivos, mediante visita personal, Internet, llamada telefónica, o semejante.
9. Diseñar el algoritmo o lógica de programa necesario para controlar el proceso de producción considerando todos los detalles del caso.
  - 9.1 Determinar el procedimiento requerido para lograr la respuesta deseada de salida de acuerdo al estado de las entradas.
  - 9.2 Definir la lógica de atención del teclado y el despliegue de información en la pantalla.
  - 9.3 Confeccionar diagramas de flujo para cada función o procedimiento requerido.
10. Implementar el algoritmo anterior, en el lenguaje requerido por el PLC seleccionado previamente.
  - 10.1 Adquirir manual de usuario del PLC.
  - 10.2 Desarrollar programas de prueba para lograr familiarizarse con el lenguaje de programación para el PLC seleccionado.
  - 10.3 Implementar los diagramas de flujo ya confeccionados de cada función o procedimiento en el lenguaje del PLC utilizado.
11. Realizar pruebas del funcionamiento de los sensores, electroválvulas y pistones a utilizar.
  - 11.1 Adquirir a través de los diferentes medios disponibles (Internet, catálogos, otros) hojas de datos o manuales técnicos de los dispositivos a utilizar.
  - 11.2 Implementar circuitos de prueba para comprender el funcionamiento de los diferentes dispositivos, haciendo uso de la información obtenida.
12. Probar individualmente el funcionamiento de cada módulo del algoritmo que conforma el programa principal haciendo uso del PLC.
  - 12.1 Realizar simulaciones reales en laboratorio a cada rutina desarrollada para corroborar, corregir y depurar su funcionamiento.
13. Acoplar el teclado y la pantalla con el PLC.
  - 13.1 Implementar algoritmos de prueba con opciones que el lenguaje de programación ofrece para dicho propósito.



- 13.2 Depurar la interfaz para el usuario desarrollando procedimientos para manejar tanto el teclado como la pantalla.
14. Comprobar en el laboratorio el funcionamiento total del sistema.
  - 14.1 Realizar pruebas de laboratorio acoplando todos los dispositivos que se utilizarán.
  - 14.2 Depurar el funcionamiento del sistema de control desarrollado para detectar errores y realizar mejoras.
15. Comprobar en la planta (línea de producción) el funcionamiento total del sistema.
  - 15.1 Instalar en la planta o línea de producción a automatizar los dispositivos necesarios.
  - 15.2 Instalar el PLC en la línea de producción.
  - 15.3 Arrancar el sistema, y realizar pruebas.
16. Realizar pruebas de funcionamiento total del sistema para corroborar requerimientos exigidos.
  - 16.1 Forzar fallos de operación en la línea.
  - 16.2 Probar opciones de usuario en tiempo real (ver conteos, mensajes de error y demás).
  - 16.3 Poner en marcha la línea de producción de envases y probar el funcionamiento del nuevo sistema de automatización.
17. Confeccionar un documento final referente al proyecto a realizar.
  - 17.1 Desarrollar un documento final donde se encuentre toda la información referente al proyecto que se realizará.
  - 17.2 Demostración real a la empresa y al profesor asesor del funcionamiento del sistema de automatización que se implementará.

## **CAPÍTULO 4**

### **DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO**

---

El desarrollo de este sistema de control automático implicó el uso de equipo electrónico y neumático. El dispositivo principal del proyecto es el PLC MicroLogix 1500 el cual se encarga de controlar los dispositivos conectados a sus salidas de acuerdo a las señales que proporcionan los dispositivos conectados en sus entradas. Además del PLC, forman parte del sistema: teclado y pantalla, sensores, fuente y módulos de expansión en lo que a equipo electrónico se refiere. Dentro del equipo neumático se cuenta con pistones, electroválvulas y unidad de mantenimiento. También hay accesorios varios como: racores, silenciadores, cables eléctricos y mangueras.

#### **4.1 PLC MicroLogix 1500.**

El PLC MicroLogix 1500 marca Allen Bradley es el dispositivo principal del sistema de control que se implementó para el control del flujo de la producción en la línea FBB 202-211 (ver [figura 4.1](#)). Fueron varias las razones por las cuales se seleccionó este producto, una de ellas es su muy buena calidad, por otro lado brinda toda una gama de posibilidades de desarrollo del sistema, que se lograría agregando diversos de módulos de expansión.

En un principio se analizó la posibilidad de comprar equipo Siemens, cuya ventaja es ser más económico, y además, en la empresa existían antecedentes sobre el empleo de este producto, e incluso del software. Sin embargo, basándose en algunas malas experiencias que la empresa había tenido en cuanto al soporte brindado por la empresa distribuidora de dicho equipo, se decidió darle oportunidad a otra marca de equipo, y de esta forma se presenta en la empresa una nueva opción para futuros proyectos. En la sección de análisis y resultados se realiza una comparación entre dos PLCs de diferente marca utilizados comúnmente en

automatizaciones pequeñas; el PLC Allen Bradley MicroLogix 1500 (ver [tabla 4.1](#) ) y el PLC Siemens Simatic S7-200 CPU 214 (ver [Apéndice A.4](#)).



**Figura 4.1** MicroLogix 1500 con procesador 1761-LRP

En la [tabla 4.1](#) se muestra las especificaciones generales referentes a la unidad base MicroLogix 1500 y el procesador 1764-LRP utilizado. El MicroLogix 1500 es el más poderoso de la familia MicroLogix de Allen Bradley. Este soporta hasta 12 K de palabras de memoria no-volátil de usuario (en el caso del procesador 1764-LRP) lo cual facilita la programación de operaciones complejas. La instalación del equipo se realiza de forma fácil ya que puede ser montado en un riel DIN con solo empujar o halar el cierre. Este PLC posee dos puertos para interfaz, uno DB-9 RS 232<sup>6</sup> y otro mini DIN de 8 pines, los cuales pueden ser programados para comunicarse con dispositivos periféricos vía protocolo DH-485, DF1 Full-Duplex y Half-Duplex. Estas características le permiten a este PLC poseer una amplia conectividad con otros dispositivos vía ControlNet por medio de dispositivos como Módulos de interfaz de red (1761-NET-DNI). Por otra parte, este PLC se programa usando el software RSLogix 500 el cual se describirá más adelante.

<sup>6</sup> Ver en Apéndice A.2 descripción protocolos

El MicroLogix 1500 es ideal para aplicaciones de alta velocidad, por ejemplo el tiempo de barrido típico es de menos de 1 ms por 1K de programa. Tiene además dos contadores de alta velocidad, cada uno con ocho modos diferentes de programación, así como dos salidas de alta velocidad que pueden ser configuradas como salidas de tren de pulsos (PTO) o como modulador por ancho de pulso (PWM), útil en el control de velocidad de motores. A este PLC pueden agregarse hasta ocho módulos de expansión conectados de forma directa. Si esto no fuese suficiente, el MicroLogix 1500 brinda la posibilidad de crear un segundo banco de módulos de expansión usando un cable de expansión (1769-CRR), y agregando simplemente una fuente externa de poder.

**Tabla 4.1** Especificaciones generales de la Unidad Base MicroLogix 1500

<b>Descripción</b>	<b>1764-28BXB</b>	
Número de E/S	16 entradas / 12 salidas	
Alimentación	20.4 a 30 V	
Corriente de entrada de la alimentación	24 Vcc = 4 por a50 ms	
Tipo de circuito de entrada	24 V CC, drenador / surtidor	
Tipo de circuito de salida	6 relé , 6 transistor FET	
Temperatura de operación	+0 a +55 °C	
Aislador de relé de salida	2596V cc	
Aislador de transistor de salida	1697 Vcc	
Aislador de entrada	1697 Vcc	
<b>Especificaciones de entrada</b>	<b>Entradas 0 a 7</b>	<b>Entradas 8 a 11</b>
Rango de voltaje en el estado activo	14 a 30 V cc a 30°C 14 a 26.4 Vcc a 55°C	10 a 30 V cc a 30°C 10 a 26.4 Vcc a 55°C
Rango de voltaje en el estado desactivado	0 a 5 V cc	
Corriente de estado activado:		
• Mínimo	• 2.5 mA a 14 Vcc	• 2 ma a 10 V cc
• Nominal	• 7.3 mA a 24 Vcc	• 8.9 mA a 24 Vcc
• Máximo	• 12 mA a 24 Vcc	• 12 mA a 24 Vcc
Corriente de fuga en estado desactivo	Mínimo 1.5 mA	
Impedancia nominal	3.3 K ohms	2.7 Kohms

<b>Especificaciones de salida para relé</b>			
Para 24 Vcc		2 A amperios continuos	
<b>Especificaciones de salida para transistor</b>		<b>Salidas 2 a 7</b>	<b>Salidas 2 y 3 solamente<sup>7</sup></b>
Fuente de voltaje del usuario	Mínimo	20.4 Vcc	20.4 Vcc
	máximo	26.4 Vcc	26.4 Vcc
Baja de voltaje de estado activo	En carga de corriente máxima	1 Vcc	No aplicable
	En sobrecarga de corriente máxima	2.5 Vcc	No aplicable
Calificación actual por punto	Carga máxima	1 A a 55 °C	100 mA
		1.5 A a 30 °C	
	Carga mínima	1 mA	10 mA
	Dispersión máxima	1 mA	1 mA
<b>Especificaciones físicas</b>			
Dimensiones	Alto	138 mm	
	Ancho	168 mm	
	Profundidad	87 mm	
<b>Otras características</b>			
Puertos de comunicación RS 232 (configurables para DH - 485)		2	
Memoria de programa		12 K (utilizando procesador 1761-LRP)	
Potenciómetros analógicos		2	
Salidas de alta velocidad		2	
Retentividad de datos por pérdida de electricidad		100%	
Batería de respaldo		Sí	
Módulo de memoria de respaldo		Sí	
I/O		Hasta 156 usando 1769 I/O	
Módulos analógicos		Sí	
PID		Sí	
Reloj de tiempo real		Sí	

<sup>7</sup> Estas salidas pueden funcionar a más velocidad, dentro de un rango limitado de corriente. Además pueden proporcionar una salida de tren de impulso (PTO) o una salida de modulación de ancho de pulso (PWM)

## 4.2 P4anelView 300.

El PanelView 300 es la interfaz estándar de operador más simple de los paneles de operador que Allen Bradley ofrece. Sin embargo este panel tiene las opciones necesarias para mostrar, monitorear y controlar los requerimientos para el manejo de la línea. En la [figura 4.2](#) se muestra una imagen frontal del PV300. Este se utiliza básicamente para dar al operador de línea la posibilidad de seleccionar el programa que controlará el flujo de envases que se desean producir, ya sean del tipo 202 o 211. Además permite visualizar la cantidad de latas que son soldadas (las que salen de la soldadora FBB), las latas evacuadas (las que van a la “pestañeadora”), y la cantidad de latas buenas y defectuosas que se producen. Es por este motivo que se seleccionó este PanelView. A pesar de que se trata de una pantalla monocromática el programa PanelBuilder 32 (software utilizado para programar los paneles de operador) brinda un conjunto de objetos y herramientas que facilitan enormemente la programación de una interfaz de usuario amigable y sencilla, capaz de ser comprendida por cualquier operador.



**Figura 4.2** PanelView 300

En la [tabla 4.2](#) se muestran las principales características técnicas que tienes este panel de operador. Como se observa en esta tabla el panel se alimenta con una fuente externa de corriente directa que puede estar entre 18 y 32 voltios. Con sus

ocho teclas especiales se pueden personalizar muchas opciones para el usuario en una sola pantalla. Una de las cualidades más importantes de este módulo es su capacidad de comunicarse con otros dispositivos usando el puerto DB9 RS-232, solo basta configurar el puerto del dispositivo externo como DH-485.

**Tabla 4.2** Características generales del PanelView 300

<b>Pantalla</b>	
Tipo	Monocromática transreflectiva LCD con LED de backlight integrado
Tamaño	73mm x 42mm
Entrada de operador	Keypad
Function keys	8 (F1-F8)
Memoria de aplicación	240 K flash
<b>Eléctricas</b>	
Puertos de comunicación	DiveNet, DH-485, RS-232 (protocolo DH-485 ), DF1
Puesto RS-232	1200,2400,9600,19200 baud rate
Requerimientos de poder	18- 32 Vdc (voltaje continuo)
Consumo de poder	10 Watts máximo
Programación	PanelBuilder32 (basado en windows)
<b>Medioambiente</b>	
Temperatura de operación	0 a 55 °C
Temperatura de almacenamiento	-25 a 70 °C
Humedad	5 a 95%
<b>Dimensiones</b>	
Alto, ancho y profundidad	197mm x 140mm x 82mm

### 4.3 Fuente de poder de corriente directa

La fuente poder externa 1769- PA2 es requerida ya que el PLC MicroLogix 1500 1764-28BXB se alimenta con una señal de 24 Vcc. En la [figura 4.3](#) se muestra una imagen de dicho dispositivo.



**Figura 4.3** Fuente de poder 1769-PA2

En la [tabla 4.3](#) se muestran la principales característica de este dispositivo.



**Tabla 4.3** Especificaciones de la fuente de poder 1769-PA2

Alimentación	120/240 Vac (no requiere jumpers)
Rango de voltaje	85 a 265 V ac (no requiere jumpers o DIP switch)
Máximo requerimiento de línea	100 VA a 120 Vac 130 VA a 240 Vac
LED activo	+5 y +24 Vcd disponibles
Maximum Inrush	25A at 132V ac 40A at 265V ac
Line Loss Ride Through	10 ms (minimum) to 10 sec. (maximum)
Output Bus Current Capacity (0°C to +55°C)	2A at 5V dc 0.8A at 24V dc
24V dc User Power Capacity (0°C to +55°C)	250 mA
Output Bus Current Capacity (>+55°C to +60°C)	2A at 5V dc 0.7A at 24V dc
24V dc User Power Capacity (>+55°C to +60°C)	200 mA
Short Circuit Protection	Front Access Fuse
+5V Overvoltage Protection	Sí
+24V Overvoltage Protection	Sí
+24V dc User Voltage Range	20.4V dc to 26.4V dc

#### 4.4 Módulo de expansión de entradas digitales

Se utilizó el módulo de expansión 1769-IQ16 para aumentar la cantidad de entradas digitales del sistema, pues se excedía la capacidad de entradas digitales del MicroLogix 1500. En la [figura 4.4](#) se puede observar una imagen del dispositivo mencionado. Para agregar el módulo al PLC lo único que hay que hacer es deslizar el módulo por las canales laterales que tiene el PLC, cuando el módulo de expansión se encuentra alineado con el PLC basta con correr la pestaña que se encuentra en la parte superior del módulo para fijar este al PLC (todos los módulos de expansión tienen esta pestaña). Sin embargo, cuando se agrega un módulo de expansión debe cerrarse el lazo de comunicación, agregando un módulo terminador.



**Figura 4.4** Módulo de expansión de entradas digitales 1769-IQ16

En la [tabla 4.4](#) se muestran las principales características técnicas del módulo mencionado. Es importante notar que una señal es activa cuando se encuentra entre los 10 y 30 voltios, y esta apagada cuando se encuentra entre 0 y 5 voltios.

**Tabla 4.4** Especificaciones del módulo 1769-IQ16

Dimensiones	118 mm alto x 87 mm profundidad x 35 mm ancho
Peso aproximado	270 g
Temperatura de almacenamiento	-40°C a +85°C (-40°F a +185°F)
Temperatura de operación	0°C a +60°C (32°F a +140°F)
Humedad	5 a 95 %
Voltaje nominal	24V dc (sink/source 1 )
Rango de operación	10 a 30V dc a 30°C (86°F) 10 a 26.4V dc a 60°C (140°F)
Número de entradas	16
Retardo de la señal	On Delay: 8.0 ms Off Delay: 8.0 ms
Voltaje de estado apagado max	5V dc
Corriente de estado apagado max	1.5 mA
Voltaje de estado activo min	10 Vdc
Corriente de estado activo min	2 mA
Impedancia nominal	3 K ohms
Razón de distancia de la fuente de poder	8 (máxima cantidad de módulos de expansión en un banco)
Grupos asociados	Grupo 1: entradas 0 a 7 Grupo 2: entradas 8 a 15

En la [tabla 4.5](#) se puede observar la función para la que se utilizaron las entradas del módulo 1769-IQ16.

**Tabla 4.5** Funciones para las entradas digitales del módulo 1769-IQ16

<b>Entrada (I/O)</b>	<b>Función</b>
0	Activa modo manual en el empaque
1	Activa modo manual en la probadora
2	Activa modo manual en la cerradora 202
3	Activa modo manual en la pestañeadora 202
4	Activa modo manual en el elevador camello
5	Pulso de reinicio del elevador camello
6	Activa modo manual en la soldadora FBB
7	Conteo de lata soldada vía SC2
8	Señal de SCS2
9	Señal de SSP2
10	Señal de SSF2
11	Señal de SEP2
12	Señal de SCE2
13	Activa modo manual en la pestañeadora 211
14	Activa modo manual en la cerradora 211
15	Reset mecánico

#### 4.5 Convertidor de interfaz

El convertidor de Interfaz 1761-NET-AIC es un módulo que permite realizar un enlace de comunicación entre varios dispositivos de red. Para ello dispone de tres puertos a los cuales puede acoplarse tanto PLCs como dispositivos periféricos (por ejemplo PV300). En la [figura 4.5](#) se muestra una imagen de este acoplador de interfaz. El puerto 3 es usado para comunicar una PC con un PLC o dos PLC a larga distancia vía protocolo RS-485. Los puertos 1 y 2 sirven para conectar los dispositivos cercanos al convertidor. En ambientes muy ruidosos son vitales para mantener estable la comunicación entre dispositivos, para esto se recomienda mantener el selector de “baud rate”<sup>8</sup> en AUTO. El AIC (como es conocido el convertidor) puede usarse de tres modos: como aislados punto a punto, como

<sup>8</sup>Velocidad de transferencia de bits por segundo

aislador RS-232 a RS-485 y como aislador de RS-232 al modo de usuario “half-duplex”<sup>9</sup>.

Es importante mencionar que el AIC no es indispensable para programar dispositivos periféricos como el PV300, con este periférico basta con utilizar un cable directo de cualquier puerto serial de la PC al puerto DB-9 RS-232 del PanelView usando un protocolo de comunicación DH-485 (utilice el controlador 1747-PIC/AIC en el RSLinx<sup>10</sup>). Para conectar el PLC con la PC se usa un cable cruzado del conector DB-9 o DB-8 del PLC a cualquier puerto serial de la PC (utilizando el controlador RS-232 DF1 del RSLink).

Los controladores MicroLogix proveen energía a los AIC cuando se conectan al puerto 2. Cuando el enlace no se realiza de esta forma debe utilizarse una fuente externa de poder de 24 voltios continuos y además colocar el interruptor selector de fuente de poder en externo.



**Figura 4.5** Convertidor de interfaz 1761-NET-AIC

---

<sup>9</sup> Ver Apéndice A.2

<sup>10</sup> RSLinx es el software requerido para comunicar la PC con los módulos Allen Bradley, como el MicroLogix y el PanelView.

## 4.6 Sensores

Los sensores son usados tanto para contar envases como para detectar su presencia o ausencia por lapsos de tiempo determinados. Para optimizar recursos se reutilizaron los sensores que estaban funcionando con el sistema de control anterior, por lo que únicamente se adquirieron algunos sensores de tipo fotoreflexivo. Estos son ideales para realizar las funciones descritas anteriormente ya que basta con ubicar a una distancia razonable una superficie reflectora para ponerlo a funcionar. Básicamente se utilizaron dos tipos de sensores, inductivos y fotoreflexivos. En la [figura 4.6](#) se muestra la imagen del sensor fotoreflexivo 42GRU-9000 marca Allen Bradley que se adquirió.



**Figura 4.6** Sensor retroreflexivo 42GRU-9000

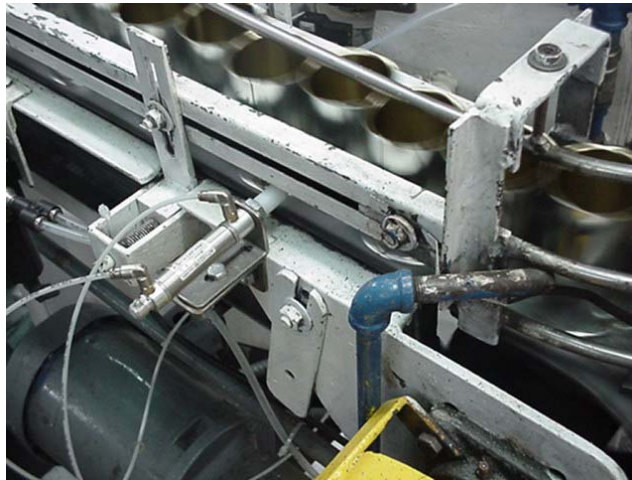
En la [tabla 4.6](#) se puede observar los datos técnicos más importantes referentes al sensor 42GRU-9000. Estos sensores tienen la ventaja de que optimizan el cableado ya que para su funcionamiento basta montar una superficie reflectora al frente del sensor y alimentar el dispositivo con un voltaje entre 10 y 40 voltios, y se selecciona el tipo de salida que se necesita, ya sea NPN ó PNP. Es fácil de instalar, además están diseñados para funcionar en ambiente industrial, tal y como se aprecia en la [tabla 4.6](#).

**Tabla 4.6** Especificaciones del sensor 42GRU-9000

Voltaje de operación	10 –40 V CD
Tipo salida	NPN/PNP
Corriente de operación	30 mA
Salida energizada	Selección Light/Dark
Corriente de carga	250 mA
Consumo de potencia	1.2 Watts max
Tiempo de respuesta	2 ms
LED transmitiendo	Rojo visible 660 nm
Indicadores	Amarillo: Power, Verde:Salida, Rojo: Margen / SCP
Ajuste de sensibilidad	Potenciómetro
Temperatura de operación	-34 a 70 °C
Humedad	5 a 90 %
Material de alojamiento/ de la cubierta / del lente	Acrílico
Vibración	10-055 Hz, 1mm amplitud
Campo de visión	1.5 °
Distancia máxima de detección	2m

#### 4.7 Pistones

Los pistones son utilizados para frenar el flujo de envases a la entrada de las “pestañeadoras”, “cerradoras” y la “probadora neumática”; y para cortar el suministro de fondos en las “cerradoras”. El pistón RLB01A-DAP-AA90 de la marca Norgren que se muestra en la [figura 4.7](#) es utilizado para frenar el flujo de envases. Este funciona con aire comprimido filtrado, con o sin lubricación.



**Figura 4.7** Pistón doble efecto RLB01A-DAP-AA90

En la [tabla 4.7](#) se muestran las principales características técnicas del pistón o cilindro mencionado anteriormente.

**Tabla 4.7** Especificaciones del pistón RLB01A-DAP-AA90

Tamaño del émbolo	9/16"
Carrera	1"
Incrementos fraccionados de carrera	0"
Doble acción	Sí
Doble soporte de montaje	Sí
Máxima presión de operación	250 psi (17.2 bar)
Temperatura de operación	-29 °C a 93 °C
Puertos	5/32"

En la [figura 6.14](#) se muestra instalado el pistón PLC01A-DAD-AA90 de la marca Norgren utilizado para cortar los fondos en las “cerradoras”. Este pistón es más robusto que el anterior pues se requería sostener un peso mayor a los 100 “Newtons”. En el [apéndice A.5](#) se muestra una tabla con la información necesaria brindada por el fabricante Norgren para determinar la fuerza de empuje y contracción de los cilindros. En la [tabla 4.8](#) se muestran las principales características técnicas de este pistón.



**Tabla 4.8** Especificaciones del pistón RLC01A-DAP-AA90

Tamaño del émbolo	3/4"
Carrera	1"
Incrementos fraccionados de carrera	0"
Doble acción	Sí
Doble soporte de montaje	Sí
Máxima presión de operación	250 psi (17.2 bar)
Temperatura de operación	-29 °C a 93 °C
Puertos	10/32"

#### 4.8 Electroválvulas

Las electroválvulas son utilizadas para activar y desactivar los pistones. En la [figura 4.8](#) se muestra instalación la electroválvula V12R517A-B318B utilizada. Estos dispositivos funcionan con aire comprimido filtrado, se activan por medio de un solenoide que puede ser de 12/24 voltios continuos, o 120 voltios alternos. En la [tabla 4.9](#) se muestran las principales características de la electroválvula mencionada. Es importante notar que esta electroválvula necesita 1,2 bar (18 psi) para poder operar. Se necesitan de 5 vías / 2 posiciones para activar y desactivar los pistones rápidamente.



**Figura 4.8** Electroválvula V12R517A-B318B

**Tabla 4.9** Especificaciones de la electroválvula V12R517A-B318B

Puertos	1/4"
Presión de operación	18 a 150 psi (1.2.bar a 10.3 bar)
Temperatura de operación	-20°C a 80 °C
Consumo de potencia	1.7 Watts (solenoides de 24V)
Peso	0.20 Kg
Tipo	5 puertos / 2 vías

#### 4.9 Unidad de mantenimiento

La unidad de mantenimiento se compone de filtro, regulador y lubricador. Dado que los dispositivos neumáticos trabajan con aire comprimido es necesario filtrar y regular la presión en la red neumática. En la [figura 4.9](#) se muestra la unidad de mantenimiento instalada en la línea FBB 202-211.



**Figura 4.9** Unidad de mantenimiento

En la [tabla 4.10](#) se muestra los datos técnicos más importantes del módulo filtro y regulador B72G-2AK-AL3-RMG marca Norgren. Como se puede notar tiene una capacidad de filtrado de 40µm así como manómetro incluido. A este módulo se le acopló un lubricador de aire L72M-2AP-QLN de la misma marca tal y como se muestra en la [figura 4.9](#). En la [tabla 4.11](#) se muestran los datos técnicos más

importantes referentes a este módulo. Es importante notar que tiene puertos de ¼" y un indicador de nivel de aceite.

**Tabla 4.10** Especificaciones del filtro y regulador B72G-2AK-AL3-RMG

Tamaño del puerto	¼"
Elemento a filtrar	40µm
Autodrenado	Sí
Presión de operación regulada	5 psi a 150 psi (0.3 a 10 bar)
Manómetro	Sí
Flujo	38 dm <sup>3</sup> /s (decímetros cúbicos por segundo)

**Tabla 4.11** Especificaciones del lubricador L72M-2AP-QLN

Tamaño del puerto	¼"
Indicador de nivel	Sí
Presión de operación regulada	5 psi a 150 psi (0.3 a 10 bar)
Peso	0.49 Kg
Flujo	24 dm <sup>3</sup> /s (decímetros cúbicos por segundo)

## CAPÍTULO 5

### **DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO**

En este capítulo se describen los módulos implementados por medio de los programas RSLogix 500 y PanelBuilder 32, para la programación del MicroLogix 1500 y del PanelView 300 respectivamente. El RSLogix 500 es un programa para ambiente “Windows”. Permite la programación en lógica escalera tanto para PLCs SLC500 y MicroLogix de la línea Allen Bradley, entre sus principales características se pueden mencionar las siguientes: editor gráfico para programación en escalera, puede verificar globalmente (todas las escaleras) dando mensajes con el código de error correspondiente, conexión remota al PLC, opciones para forzado del estado tanto de las entradas como de las salidas, ajuste de temporizadores en tiempo real (cuando se está conectado en forma remota). Cuenta además con una amplia base de datos donde se almacena la información del estado del PLC, etiquetas y mensajes de información.

Por otro lado el PanelBuilder32 es un “software” que permite crear aplicaciones de control para las terminales de operador PanelView de la línea Allen Bradley. Debido a la flexibilidad de estas terminales, es posible programar aplicaciones que puedan correr en muchos ambientes de comunicación, como por ejemplo: DH-485, RS-485 (DH-485), EtherNet/IP, ControlNet, DF1 (protocolo de comunicación “Full-Duplex”). Este “software” es utilizado para crear aplicaciones en terminales de operador PV300, PV550, PV600, PV900, PV1000 y PV1400<sup>11</sup>.

Anteriormente se describió el funcionamiento general del proceso de producción de envases sanitarios en la línea FBB. Este proceso puede ser entendido como una serie de etapas que deben cumplirse para producir los envases de manera eficiente. A grandes rasgos, a una lámina plana de metal se le da una forma cilíndrica que es

---

<sup>11</sup> Diferentes tipos de terminales de operador PanelView de la línea Allen Bradley.

soldada en sus extremos por medio de un alambre de cobre, luego se le aplica el barniz exterior y interior. Posteriormente, la lata pasa por un horno para fijar los barnices, y luego es pestañeada para posteriormente ser cerrada en uno de sus extremos por un fondo, por último el envase ingresa a la “probadora neumática” y se determina cual está bien y cual está mal de acuerdo a la cantidad de aire que se escape de los envases.

Por otro lado los canales de transporte, y sobre todo el canal aéreo, sirven tanto para mantener la línea de producción funcionando con la mayor continuidad posible (ya que depende de la zona de empaque) así como para optimizar el área de producción, es decir aprovechar el recurso espacio de manera eficiente.

Cada una de estas etapas implica control de flujo de envases ante los diferentes eventos que se puedan presentar en la línea. Eventos que dependen tanto de lo que pasa en los canales de entrada de cada máquina y en las salidas de éstas, así como también de los diferentes fallos que se puedan presentar. Para poder controlar el proceso de la mejor manera posible se desarrolló una lógica de control, de acuerdo a los requerimientos y recursos disponibles, que controla los diferentes eventos. A continuación se describen estos módulos.

A continuación se presenta una serie de diagramas de flujo que muestran la lógica implementada para solucionar este problema. Cada uno de estos diagramas representa un módulo de control del proceso de producción que se implementó para controlar el proceso de producción en la línea FBB 202–211.

## 5.1 Módulo de control PRINCIPAL

Se debe recordar que el sistema no contempla el arranque o paro automático ni manual de las diferentes máquinas del proceso, ni tampoco la sincronización automática de la línea, por las siguientes razones:

- a. El proyecto debe ser finito, por lo que esas funciones forman parte de otros proyectos de automatización. Estos podrían llegar a ser las etapas dos y tres de un ciclo de automatización general.
- b. La empresa aún no muestra interés en realizar estas etapas, por lo que en principio se delimitó el proyecto al control automático del flujo de la producción de envases. Sin embargo, la empresa si tiene presente la necesidad de desarrollar estas etapas.
- c. Por motivos económicos, ya que la empresa debe mantener un equilibrio en cuanto a los gastos e inversiones que realizan pues la FBB 202-211 no es la única línea de producción que tienen.

Por defecto, el programa inicia en modo de producción de envases 202 x 308, por lo que lo que el pistón PP2, PC2 y PF2 no se activan. Sin embargo el usuario tiene la opción de seleccionar el modo de producción de envases 211 x 304. En la [figura 5.1](#) se muestra el diagrama de flujo correspondiente al programa principal programado en el MicroLogix 1500. Aunque se muestra de forma muy general es evidente el funcionamiento tipo “scan” que se realiza cuando se programa en el lenguaje escalera. Como todas las líneas del programa principal son evaluadas por el procesador es importante optimizar (reducir, en esta caso) este tiempo de “scan” (barrido), este proceso de optimización de tiempo se describirá mas adelante.

Cuando inicia el programa este revisa el estado de todas las entradas en forma secuencial (de acuerdo al orden en que estén programadas) y toma decisiones de acuerdo al tiempo en que estas permanecen activas o apagadas. Una particularidad importante del MicroLogix 1500 es que cuando el fluido eléctrico es

interrumpido, éste guarda el estado de todas las variables utilizadas en el sistema, una vez restablecido el fluido eléctrico el PLC continúa con el barrido.

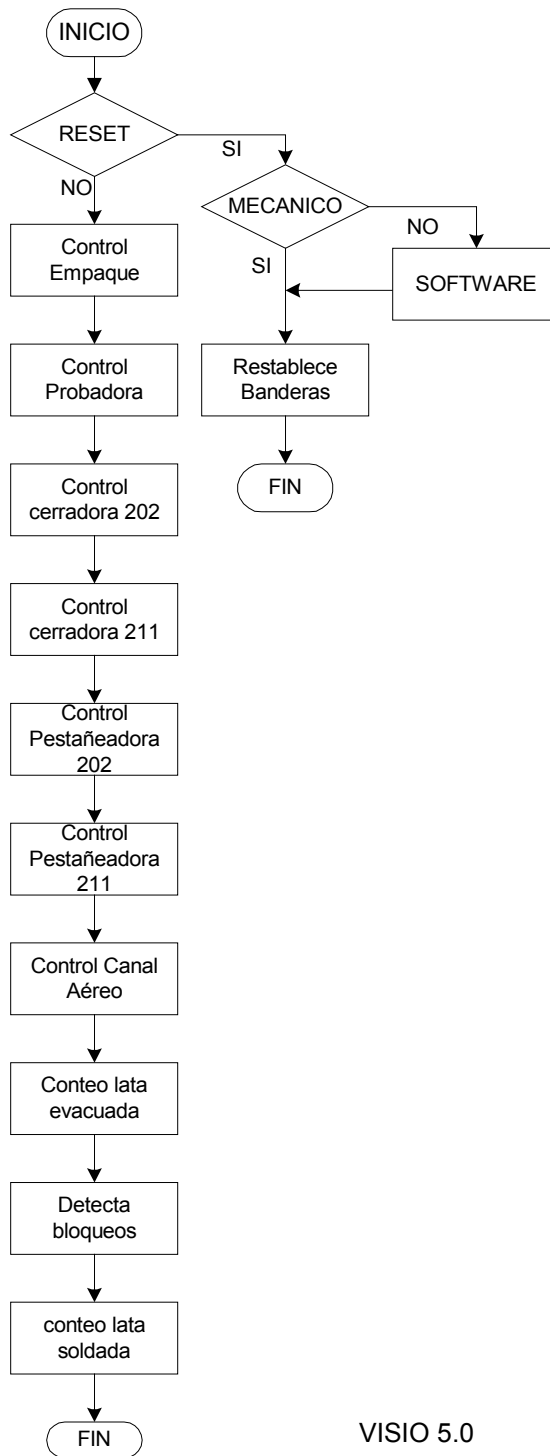
Para prevenir fallos de funcionamiento, el sistema está dotado con un “reset” mecánico (interruptor externo) y otro vía “software” (botón en el PanelView 300), ambos permiten que durante un “scan”<sup>12</sup> verdadero el programa ponga en cero todas las banderas y mantenga el estado anterior del bit B3:0/14, ya que este define el tipo de envase que se produce. Este sistema de “reset” es de suma importancia ya que le permite al programa encontrar un punto de partida en caso de que alguna bandera quede enclavada.

Este módulo está dividido en secciones que evalúan el estado de los sensores que intervienen en cada función. Como se mencionó anteriormente se utiliza un bit (B3:0/14) para definir el tipo de envase que se está produciendo, para un envase 202 el bit está en cero, para un envase 211 el bit está en uno. El apagado o encendido de este bit se realiza cuando el usuario selecciona el tipo de envase que desea producir desde el PanelView 300.

En los siguientes párrafos se describirán más detalladamente las secciones que se han expresado como bloques en la [figura 5.1](#), pues de mostrarse en un solo diagrama de flujo se complicaría la comprensión de la lógica implementada.

---

<sup>12</sup> Revisión línea por línea del programa escalera



VISIO 5.0

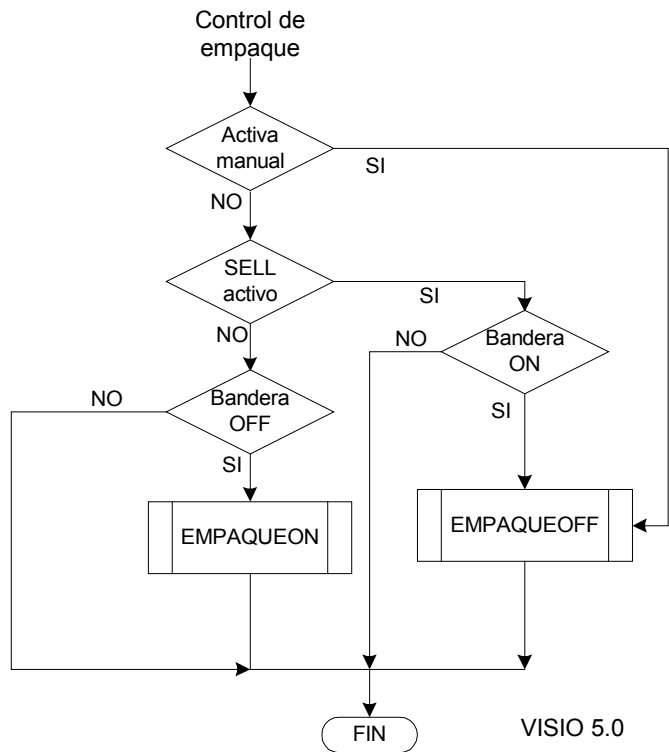
Figura 5.1 Diagrama de flujo del módulo principal



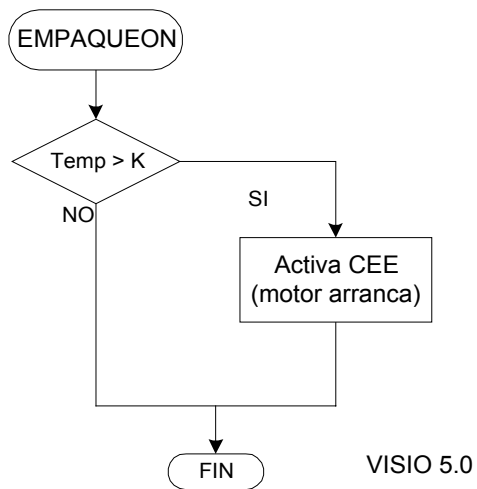
## 5.2 Módulo de control EMPAQUE

Cuando el sistema arranca el motor elevador se activa automáticamente y permanece en ese estado hasta que el canal de empaque se llene. Para esto se utiliza el sensor SELL. En el [figura 5.2](#) se muestra el diagrama de flujo correspondiente a la sección del programa principal que se encarga de evaluar la condición del canal de empaque. Como al principio no hay latas en el canal de salida SELL está apagado, la bandera está apagada y por ende ingresa al módulo EMPAQUEON que se encarga de activar el contactor CEE.

El módulo EMPAQUEON se muestra en el [figura 5.3](#). Bajo estas condiciones SELL debe permanecer cierto tiempo apagado para que se active CEE. Cuando se activa el modo manual, el “scan” lo detecta y entra directamente al módulo EMPAQUE OFF que se encuentra en el [figura 5.4](#). En este modo el motor elevador del empaque se apaga instantáneamente.

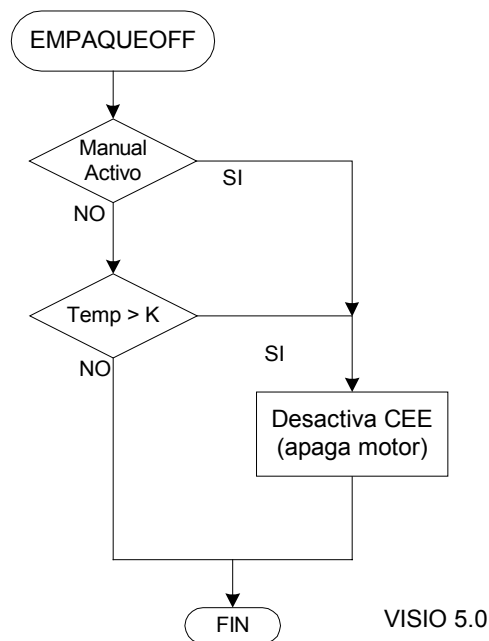


**Figura 5.2** Diagrama de flujo del control de empaque



**Figura 5.3** Diagrama de flujo del módulo EMPAQUEON

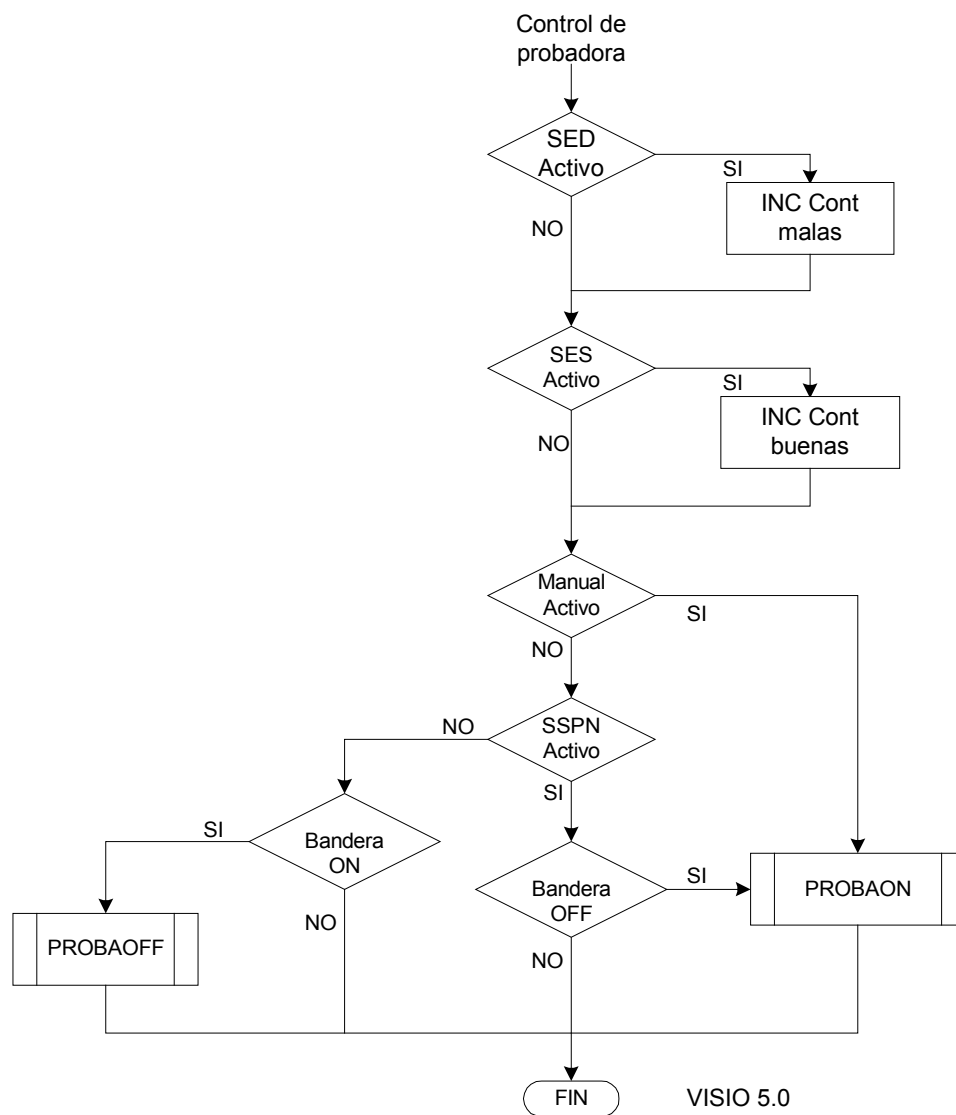
Después de que el programa ha pasado por el módulo EMPAQUEON el sistema queda listo para detectar la presencia de lata. Cuando el canal se llena SELL se activa, como la bandera había quedado activa entonces entra a EMPAQUEOFF y se desactiva el contactor CEE. En la [figura 5.4](#) se muestra el diagrama de flujo para el módulo EMPAQUEOFF. Bajo estas condiciones SELL debe permanecer cierto tiempo activo para que se apague el contactor CEE.



**Figura 5.4** Diagrama de flujo del módulo EMPAQUEOFF

### 5.3 Módulo de control PROBADORA

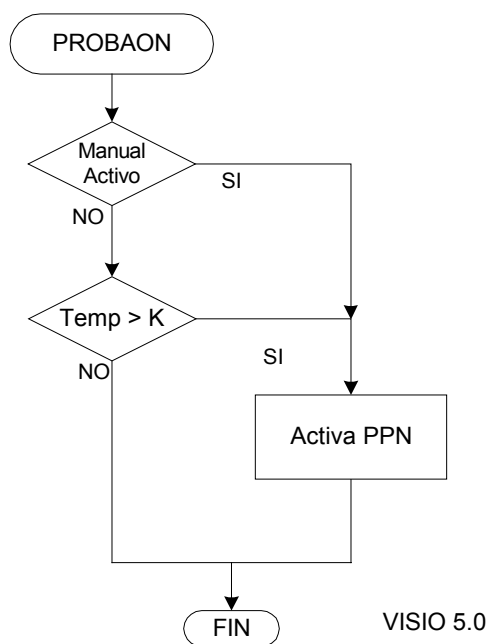
La sección para el control de lo que sucede en la probadora incluye tres funciones: conteo de latas malas, conteo de latas buenas y activación o desactivación del pistón PPN. En la [figura 5.5](#) se muestra el diagrama de flujo correspondiente a la sección mencionada. Cada vez que un “scan” de programa detecte que SED o SES están activos se incrementará un contador para latas malas y otro para latas buenas, respectivamente.



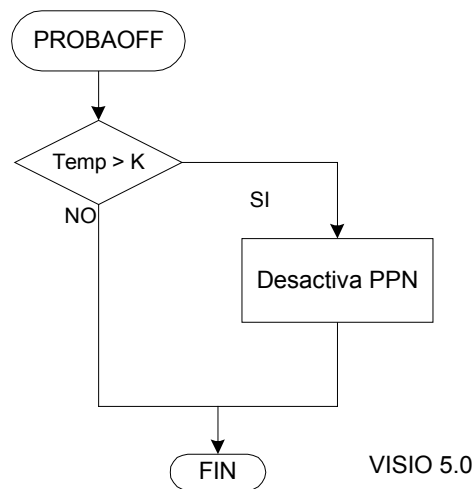
**Figura 5.5** Diagrama de flujo del control de la probadora

Si al pasar el “scan” el modo manual está activo entra directo al módulo PROBAON, en este módulo se vuelve a chequear esta condición para que se active el pistón PPN y corte el flujo de envases. En este modo las demás funciones de control para la sección de control de la probadora quedan inhibidas. El módulo PROBAON se muestra en la [figura 5.6](#).

Si al chequearse el estado de SEPN está activo y la bandera está apagada entonces entra al módulo PROBAON, si el pistón llega a activarse implica que el canal de salida está lleno; si SEPN está apagado y la bandera está activa entonces entra al módulo PROBAAOFF, esta situación implicaría que el canal de salida está vacío. En la [figura 5.7](#) se muestra el diagrama de flujo para el módulo PROBAAOFF.



**Figura 5.6** Diagrama de flujo para el módulo PROBAON



**Figura 5.7** Diagrama de flujo para el módulo PROBAOFF

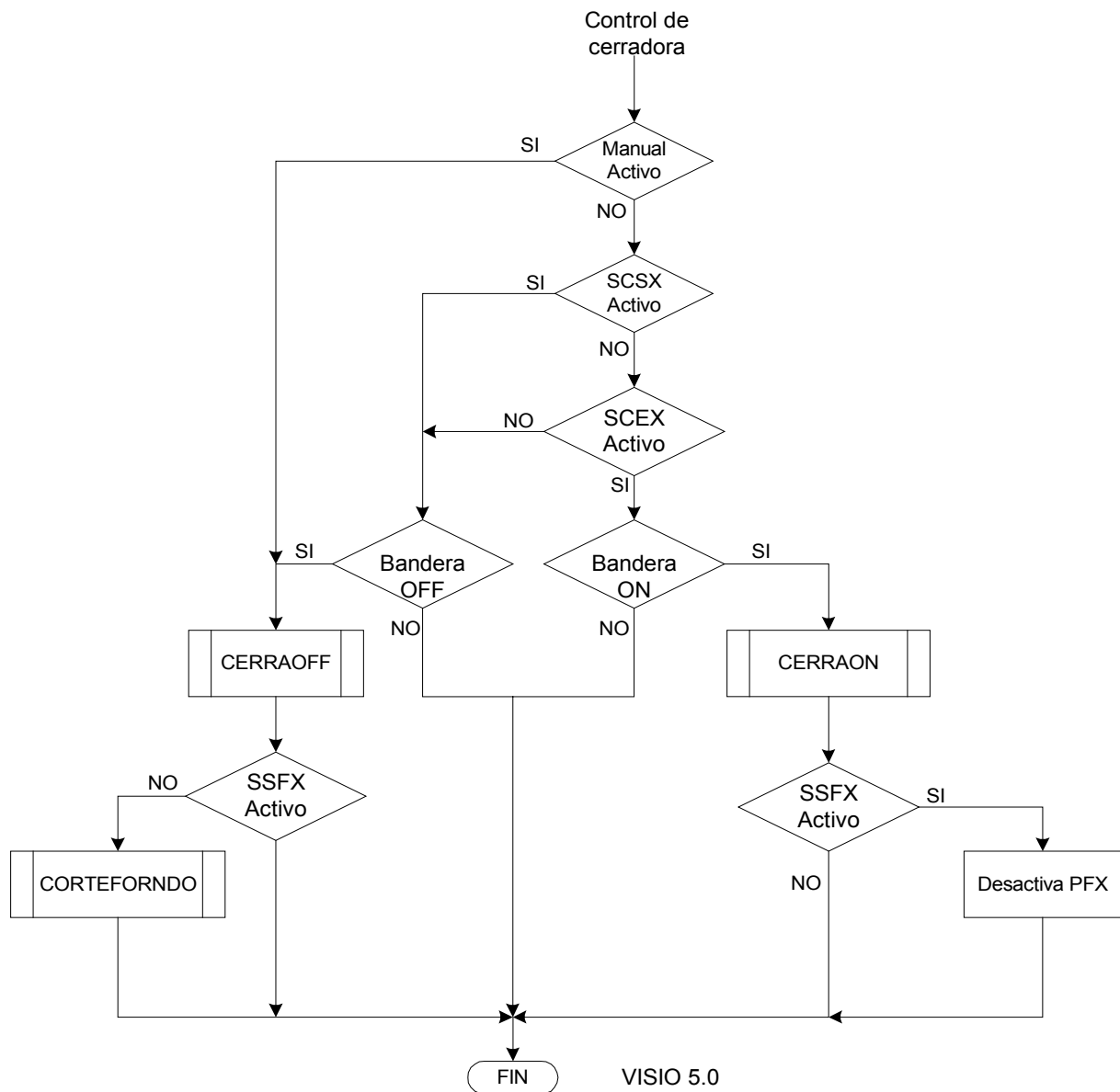
#### 5.4 Módulo de control CERRADORA

Esta sección de control prácticamente es la más importante del proyecto, ya que se cambió el modo de control de la cerradora. Con el sistema anterior la cerradora estaba sujeta a constantes paros y arranques para controlar el flujo de envases. Este modo de funcionamiento causa mucho desgaste en las piezas mecánicas así como aumenta el consumo de potencia debido a los constantes cambios de estado. Para mantener la cerradora funcionando constantemente y a la vez el flujo de envases, se instalaron dos pistones, PCX<sup>13</sup> y PFX. El primero de esos pistones se utiliza para cortar el flujo de latas y el segundo para cortar el suministro de fondo. Es importante mencionar que esta es una forma de cambiar el modo de control de la cerradora, otra solución podría haber sido enfocada desde el punto de vista meramente mecánico (como la implementación de un sistema de embrague).

Para determinar cuando activar el pistón PCX se utilizan las señales de los sensores SCSX y SCEX. Mientras el canal de entrada se encuentre lleno (SCEX activo) y el canal de salida se encuentre vacío (SCSX apagado) el pistón PCX debe estar desactivado (contraído).

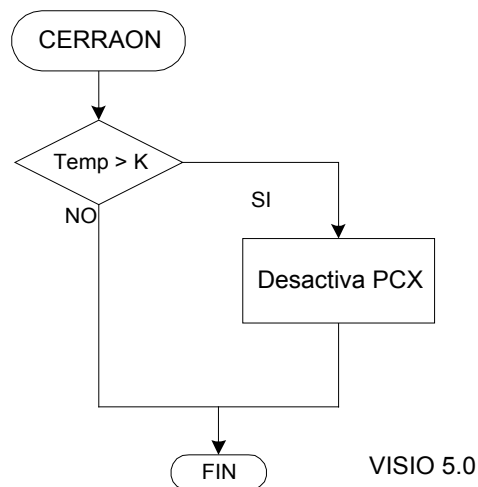
<sup>13</sup>Se reemplazó la X por 1 para control de cerradora 202, y 2 para control de cerradora 211.

Para sensar la primera lata que debe ser cerrada se utiliza el sensor SSFX. Mecánicamente el sistema está diseñado para que, a cierta distancia de sensado en el canal de entrada a la cerradora, al envase que pase por esa posición le corresponda el fondo que se encuentra en la dirección que apunta el pistón PFX. En el siguiente capítulo se explicará más detalladamente la solución implementada para esta sección. En la [figura 5.8](#) se muestra el diagrama de flujo para el control de la cerradora.



**Figura 5.8** Diagrama de flujo para el control de la cerradora

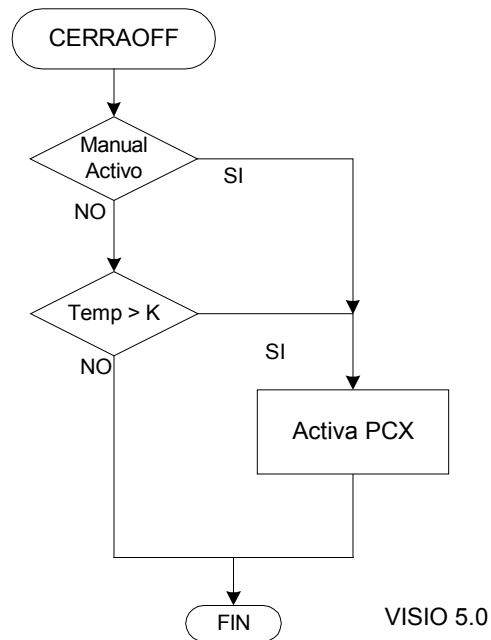
En modo de operación normal primero se llena el canal de entrada, SCEX se activa, como la bandera está apagada, entonces entra al módulo CERRAON. En la [figura 5.9](#) se muestra el diagrama de flujo para el módulo CERRAON. Cuando empiezan a ingresar las latas a la cerradora debo detectar la primera lata que pasa, se activa SSFX y desactiva el pistón PFX para que libere los fondos.



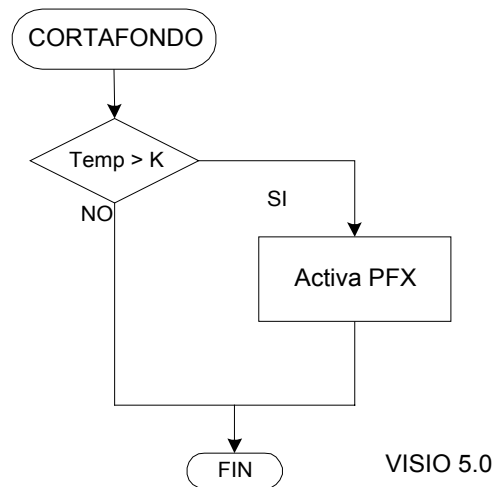
**Figura 5.9** Diagrama de flujo para el módulo CERRAON

Si el canal de salida se satura (SCSX se activa) o el canal de entrada se desaloja (SCEX se desactiva) y además la bandera de control está apagada entonces entra al módulo CERRAOFF para activar el pistón PFX, cuando esto sucede se debe sincronizar muy bien el tiempo máximo para detectar el último envase que pase después de que se frenó el flujo. Esto se logra ingresando al módulo CORTAFONDO. Este proceso de sincronización debe de ser muy bien sincronizado para evitar que algún envase ingrese a la cerradora sin su respectivo fondo o para evitar que algún fondo ingrese sin su respectivo envase. En la [figura 5.10](#) y [figura 5.11](#) se muestran los diagramas de flujo referentes a los módulos CERRAOFF y CORTAFONDO, respectivamente.





**Figura 5.10** Diagrama de flujo para el módulo CERRAOFF

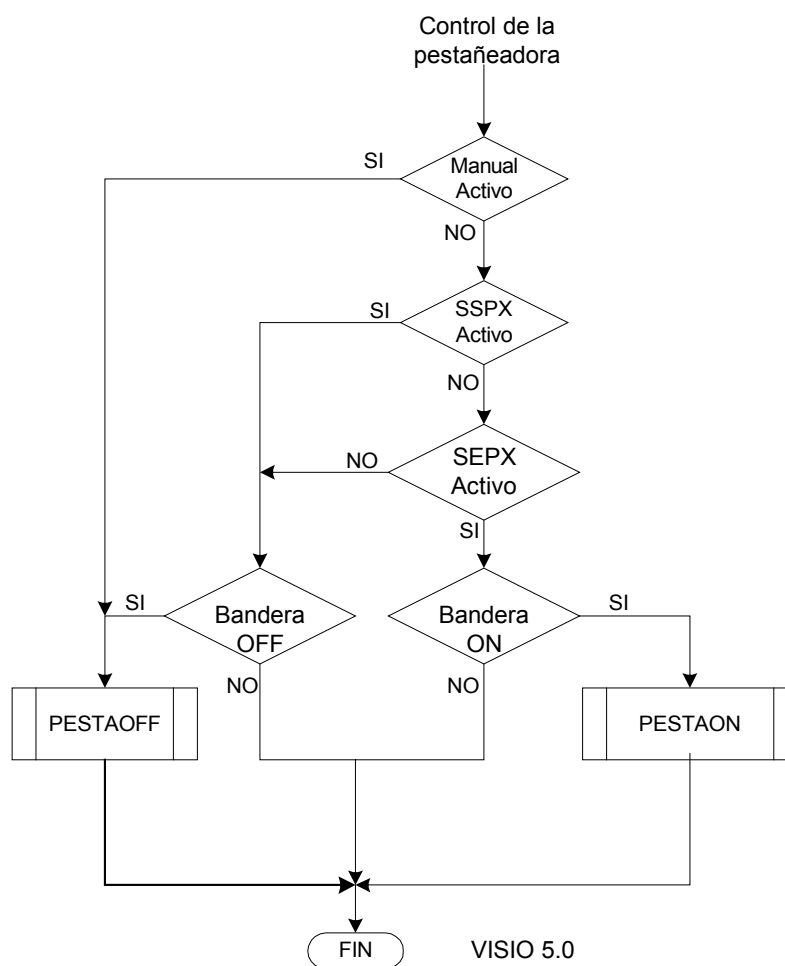


**Figura 5.11** Diagrama de flujo para el módulo CORTAFONDO

## 5.5 Módulo de control PESTAÑEADORA

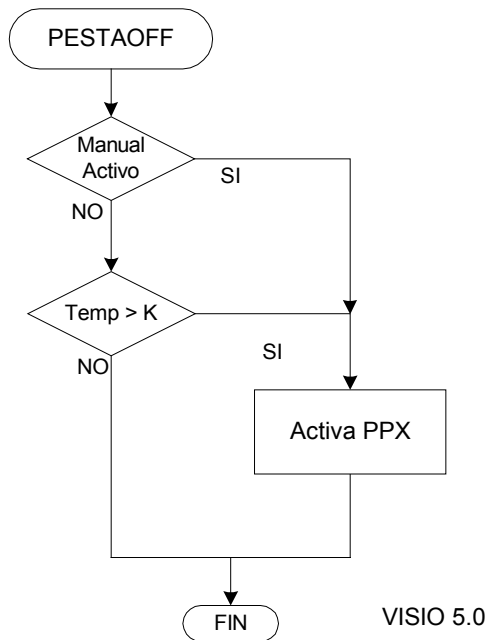
El control de flujo en estas máquinas es más sencillo que el de las “cerradoras”. De la misma forma, la “pestañeadora” que esté funcionando depende del tipo de envase que se esté produciendo. En la [figura 5.12](#) se muestra el diagrama de flujo de control de la “pestañeadora”. Cuando el sistema inicia la

bandera que se encarga de controlar el acceso a las rutinas de activación y desactivación del pistón PPX<sup>14</sup> se encuentra apagada por lo que al no haber ningún envase en el canal de entrada el sensor SEPX se encuentra apagado, bajo estas condiciones el programa entra al módulo PESTAOFF donde se activará el pistón PPX. En la [figura 5.13](#) se muestra el diagrama de flujo para el módulo PESTAOFF. Al darse estas condiciones solo basta esperar a que se llene el canal de entrada (SEPX se activa) y además el canal de salida esté vacío (SSPX se desactiva) para entrar al módulo PESTAON, aquí se desactiva el pistón PPX. En la [figura 5.14](#) se muestra el diagrama de flujo para el módulo PESTAON.

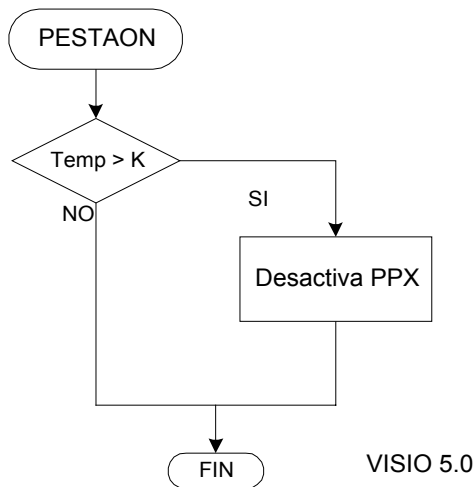


**Figura 5.12** Diagrama de flujo para el control de la pestañeadora

<sup>14</sup>Depende del tipo de envase, 2 para 211 y 3 para 202.



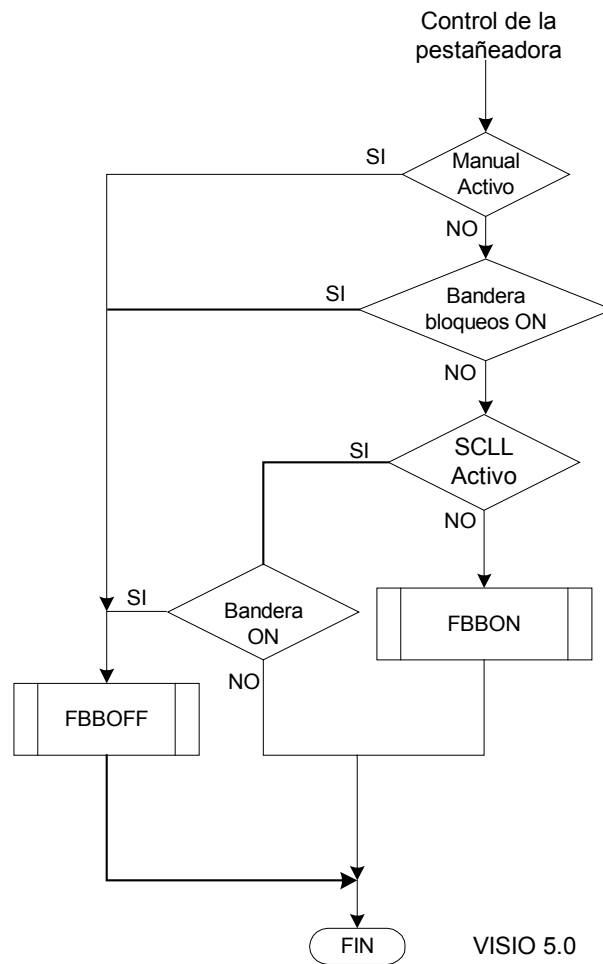
**Figura 5.13** Diagrama de flujo para el módulo PESTAOFF



**Figura 5.14** Diagrama de flujo para el módulo PESTAON

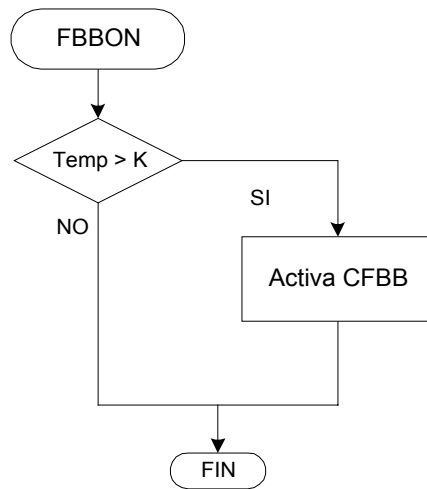
## 5.6 Módulo de control CANAL AÉREO

En el canal aéreo básicamente lo que hay que hacer es determinar cuando este se llena. Sin embargo en esta sección cheque si el operador desea el modo manual. El [figura 5.15](#) se muestra el diagrama de flujo correspondiente a la sección del programa de controla el canal aéreo.



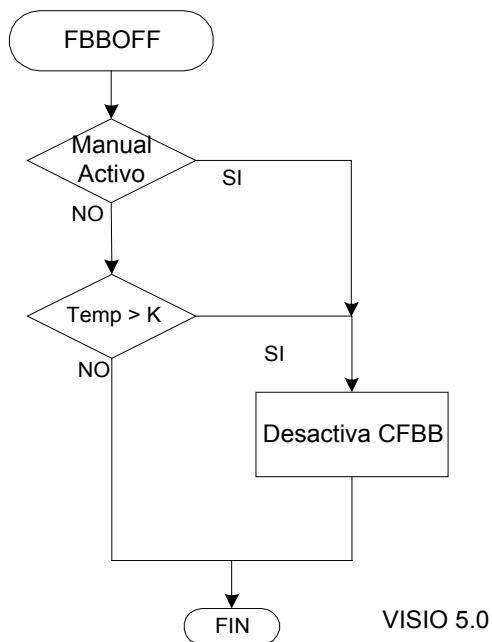
**Figura 5.15** Diagrama de flujo para el control del flujo aéreo

La bandera de bloqueos es un parámetro perteneciente al módulo detector de bloqueos en el “elevador camello”, sin embargo es tomada en cuenta en esta sección para poder desactivar el contactor CFBB y con esto cortar el suministro de material a al soldadora. Lo mismo sucede si el operador selecciona el modo manual. Si ninguna de estas situaciones se presenta entonces el programa evalúa el módulo FBBON y activa el contactor CFBB si el sensor SCLL se encuentra desactivado, esto sucede cuando se desaloja el canal aéreo. En la [figura 5.16](#) se muestra el diagrama de flujo para el módulo FBBON.



**Figura 5.16** Diagrama de flujo para el módulo FBBON

Si SCLL está activo y la bandera está activa entonces entra al módulo FBBOFF donde se desactiva el contactor CFBB. En la [figura 5.17](#) se muestra el diagrama de flujo del módulo FBBOFF.

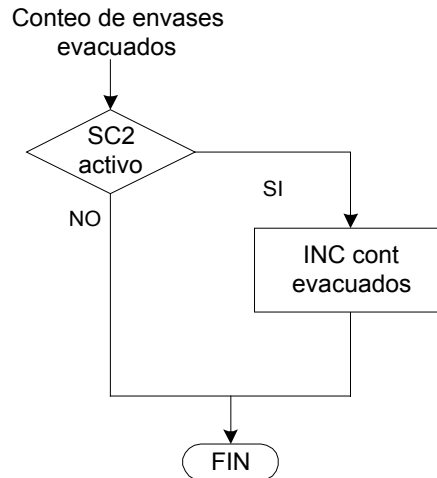


VISIO 5.0

**Figura 5.17** Diagrama de flujo para el módulo FBBOFF

En el canal aéreo también se ubicó el sensor SC2 el cual se encarga de contar el número de envases que son evacuados del “elevador camello”. Cada vez que se

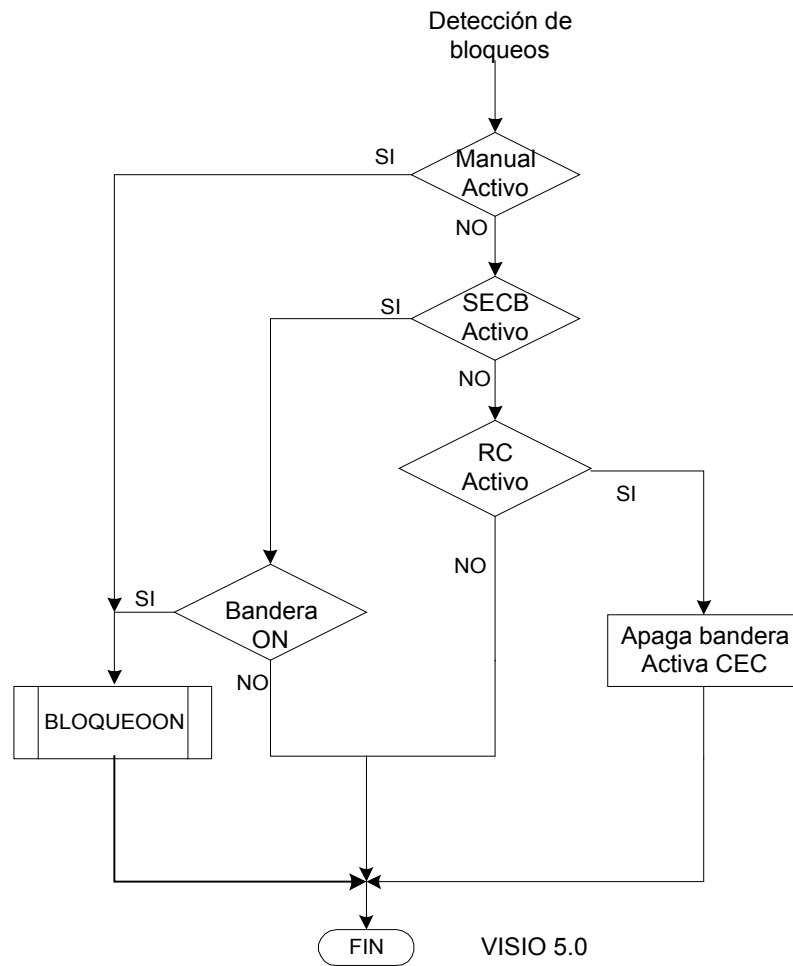
activa SC2 se incrementa en un el contador de envases evacuados. En la [figura 5.18](#) se muestra el diagrama de flujo utilizado para realizar esta función.



**Figura 5.18** Diagrama de flujo para contar envases evacuados

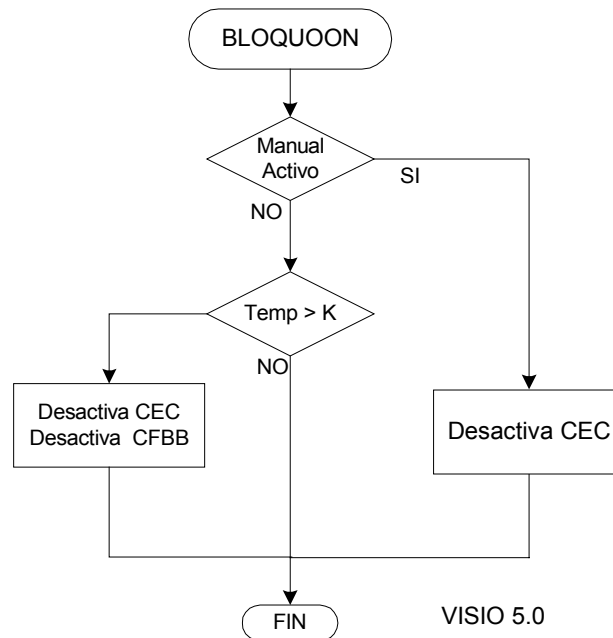
## 5.7 Módulo de control CAMELLO

Esta sección del programa es otra de las novedades del sistema nuevo, se implementó para evitar el excesivo derrame de envases cuando ocurría un atascamiento en el “elevador camello”. Anteriormente el operario de la línea debía reaccionar rápidamente cuando esto ocurría, lo cual no es tan rápido como ubicar un sensor en la parte alta del “elevador camello” para detectar estos bloqueos y automáticamente desactivar CFBB (cortar suministro de lámina a la soldadora FBB), apagar el motor elevador (desactivar CEC) y activar el pistón PT2 que se encarga de botar los envases en una canasta. En la [figura 5.19](#) se muestra el diagrama de flujo para detectar bloqueos en elevador camello.



**Figura 5.19** Diagrama de flujo para detectar bloqueos

Con esto además, se protege la integridad física del operario ya que ahora no debe de correr para hacer todo lo descrito anteriormente, lo único que debe de hacer si se presenta uno de estos casos es quitar las latas apiladas en la parte superior del elevador camello y presionar el botón de reinicio RC. Con esto se apaga la bandera de control y se activa el elevador camello (contactor CEC). Sin embargo cuando entramos al módulo BLOQUEOON ([figura 5.20](#)) por activación manual este solo desactiva el contactor CEC y no cambia el estado de la bandera de bloqueos. Cuando entra a este módulo por acción del sensor SECB se desactiva tanto el contactor CEC y el contactor CFBB.



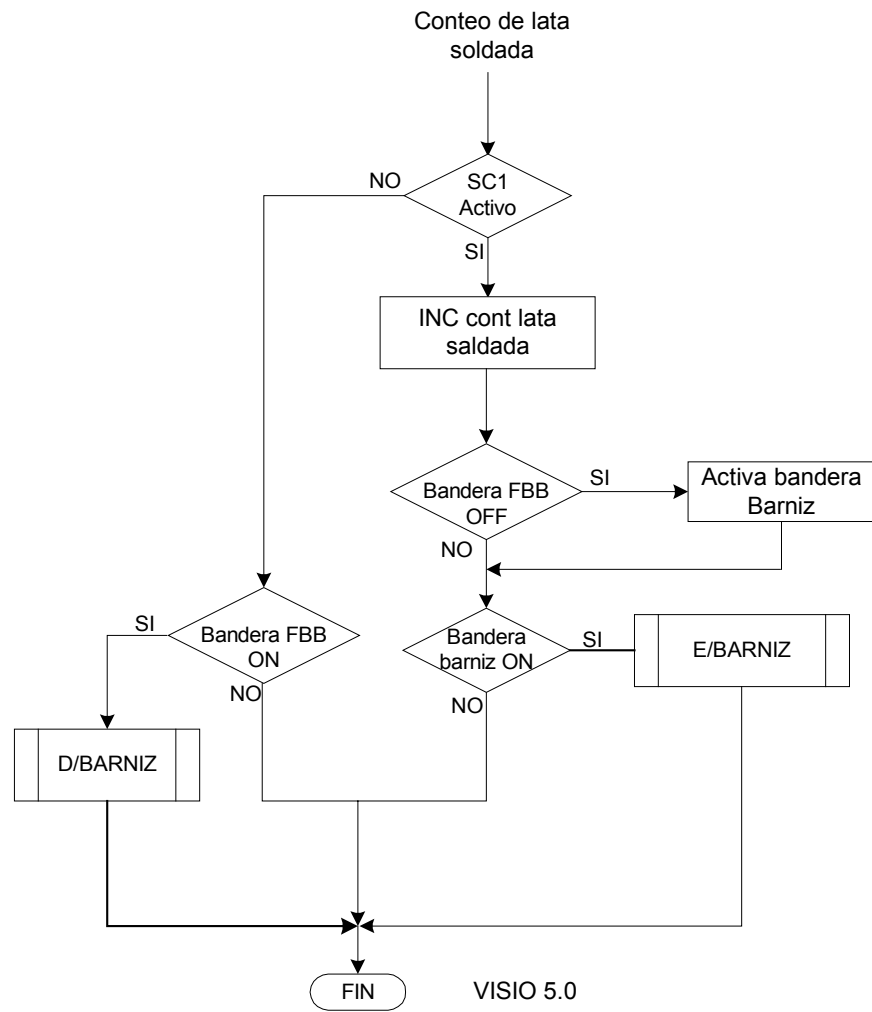
**Figura 5.20** Diagrama de flujo del módulo BLOQUEON

## 5.8 Módulo de control SOLDADORA

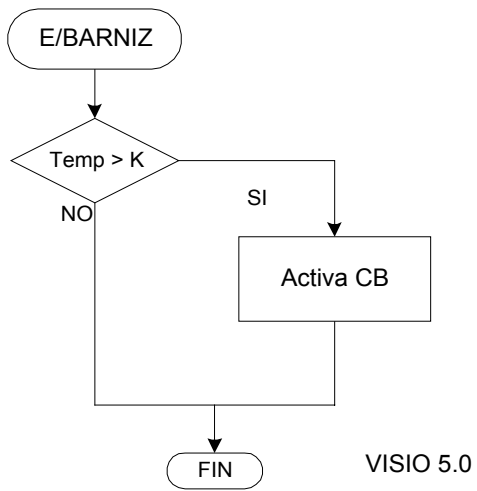
En la soldadora FBB básicamente se realizan dos funciones importantes, contar envases soldados y activar o desactivar la descarga de barniz externo. En la [figura 5.21](#) se muestra el diagrama de flujo que realiza estas funciones. Cuando el “scan” del programa detecta que SC1 está activo incrementa el valor del contador de lata soldada y activa la bandera de control de barniz si la bandera de control de conteo de lata soldada está apagada. Esto se hace para poder ingresar a al módulo E/BARNIZ ([figura 5.22](#)) y poder activar la descarga del barniz externo.

Después de que el programa entra a este módulo, aunque sigan pasando latas, solo realizará la función de contar, cuando ya no pase lata el programa entra la módulo D/BARNIZ para desactivar la descarga del barniz externo. En la [figura 5.23](#) se muestra el diagrama de control de este módulo.

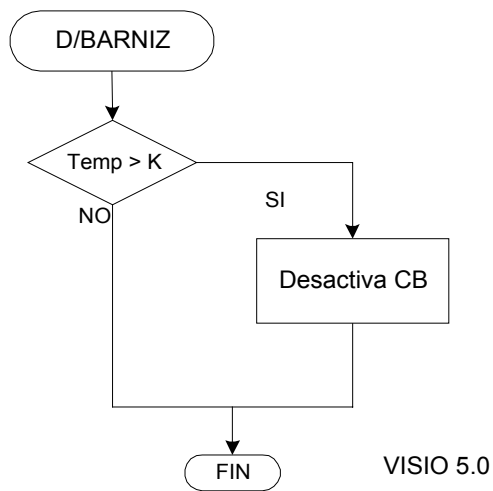




**Figura 5.21** Diagrama de flujo para el control en la soldadora



**Figura 5.22** Diagrama de flujo para el módulo E/BARNIZ



**Figura 5.23** Diagrama de flujo para el módulo D/BARNIZ

## CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS Y RESULTADOS

---

En el presente capítulo se explicará detalladamente el diseño que se implementó en la línea FBB 202-211. Antes de entrar en detalles es importante mencionar que el sistema se desarrolló con un PLC Allen Bradley principalmente por las siguientes razones: es un producto de muy buena calidad, existe buen soporte técnico por parte de la empresa proveedora del producto. Cuando comparamos estos dos aspectos con los productos Siemens, éstos no se comparan con los PLC Allen Bradley, aunque sean más económicos. Por otra parte en la empresa ya se han implementado etapas de automatización con productos Siemens y han tenido malas experiencias en cuanto a calidad y soporte técnico.

Sin embargo cuando comparamos algunos detalles técnicos entre el PLC MicroLogix 1500 (ver [tabla 4.1](#)) y el Simatic S7-200 CPU 214 (ver [Apéndice A.4](#)) puede notarse que el primero es más robusto que el PLC Siemens, por las siguientes razones: posee mayor capacidad de memoria, mayor cantidad de entradas y salidas digitales (salidas tipo relé y tipo FET), mayor capacidad de acoplar módulos de expansión (hasta 8), control PID, dos puertos, más capacidad de comunicación con otros dispositivos.

Es importante señalar que ya existen los módulos de entradas y salidas analógicas<sup>15</sup> necesarios para el control de temperatura del horno. Sin embargo no se implementó dicho sistema ya que la empresa aún no desea invertir en la compra de un módulo de control industrial de temperatura, debido principalmente a su elevado costo. Por otro lado esta futura etapa de control requiere todo un análisis y estudio previo de las características del horno para poder desarrollar un sistema de control industrial de temperatura adecuado y que permita mejorar el proceso de producción de envases sanitarios en la línea FBB 202-211.

---

<sup>15</sup> Módulos de expansión 1769-OF2 y 1769-IF4 de la línea Allen Bradley..

Antes de comenzar con la explicación del diseño, es importante mencionar algunos aspectos que intervinieron en la decisión de adquirir algunos componentes claves (sensores, pistones, electroválvulas). En el capítulo 4 se describió el “hardware ” utilizado en este proyecto. Se seleccionó sensores de tipo fotorefectivos para detectar canales llenos de envases, esto porque facilitan el montaje ya que basta con ubicar una superficie reflectora en un rango de al menos 1.5°. Por otro lado se consideró que los sensores tuvieran salida PNP, aspecto de suma importancia a considerar por si se desea en un futuro sustituir algún sensor se la línea. En la [tabla 4.6](#) se muestran los detalles acerca del sensor utilizado dicha función.

En cuanto a los pistones se consideró que fueran de doble efecto para tener alta velocidad de respuesta tanto en la activación como en la desactivación. Este aspecto es de suma importancia en el corte del suministro de fondos en las cerradoras, ya que estas máquinas funcionan bastante rápido. Por otro lado estos pistones deben tener una fuerza de empuje mayor a los 100 “Newtons” (ver [apéndice A.5](#)). De acuerdo a las características que se muestran en la [tabla 4.7](#) del pistón corta fondos RLC01A-DAP-AA90, para una presión de 80 psi el pistón tiene una fuerza de empuje de 156 N (ver cálculo adjunto en el [Apéndice A.5](#)).

En cuanto a la selección de la electroválvulas se consideró que fueran de 5 vías / 2 posiciones para facilitar el escape rápido de aire y para poder activar y desactivar los pistones (recordemos que estos son doble efecto). Además se consideró que la solenoide fuera de corriente continua de 24 voltios y de esta forma activarlas directamente con el PLC vía una salida tipo FET; recordemos que el PLC instalado cuenta con 6 salidas tipo FET y con 6 salidas tipo relé. Las salidas tipo relé se utilizaron para activar y desactivar contactores que arrancan o apagan motores. A continuación se explica detalladamente el diseño implementado.

## 6.1 Explicación del diseño

El nuevo sistema de control automático para la FBB está desarrollado en forma modular, es decir el control de flujo de envases se realiza en diferentes secciones de control dentro de un mismo programa principal. A continuación se enumeran los diferentes módulos o secciones de control utilizados:

- a. Sección “cuenta lata soldada”
- b. Sección “detecta bloqueos”
- c. Sección “control flujo aéreo”
- d. Sección “pestañeadora” 211
- e. Sección “cerradora 211”
- f. Sección control “probadora”
- g. Sección control de “empaquete”

A continuación se describe cada módulo o sección del programa e control principal:

### 6.1.1 Sección cuenta lata soldada

Para contar la cantidad de latas soldadas se instaló el sensor SC1; la ubicación de este sensor se muestra en la [figura 6.1](#). Este sensor envía una señal al PLC cada vez que un envase es evacuado por la soldadora. En la [figura 6.2](#) se muestra la sección del diagrama escalera que se encarga de realizar esta función. La señal del sensor SC1 se chequea en la entrada I:1/7 del módulo de expansión. Cada vez que el “scan” de programa detecta la transición de falso a verdadero de esta señal, el contador C5:0 se incrementa en uno. Cuando el programa inicia la bandera de control para la soldadora B3:0/9 está en cero, una vez que pasa la primera lata se habilita la bandera para activar el barniz exterior (B3:0/10). Cuando esta bandera es verdadera o la entrada I:1/5 se activa se ejecuta la rutina E/BARNIZ (la entrada I:1/5 corresponde al apagado o encendido manual del barniz exterior). Esta rutina retarda la activación de la salida del contactor O:0/9, la cual activa la descarga de barniz. Esta salida permanece activa hasta que la soldadora se detiene,

esto sucede cuando el canal aéreo está lleno. Como el soldado de las latas se detiene entonces SC1 permanece apagado hasta que se reanude el proceso de soldado. Cuando esto sucede el programa ejecuta la rutina D/BARNIZ dentro de la cual de retarda la desactivación de la salida O:0/9.

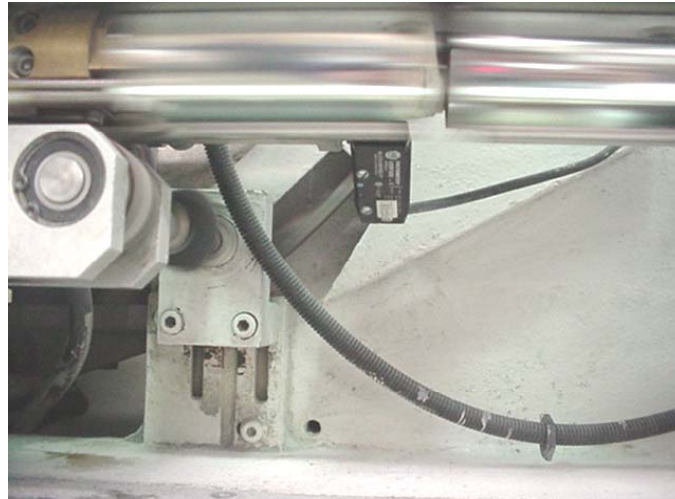


Figura 6.1 Ubicación del sensor SC1

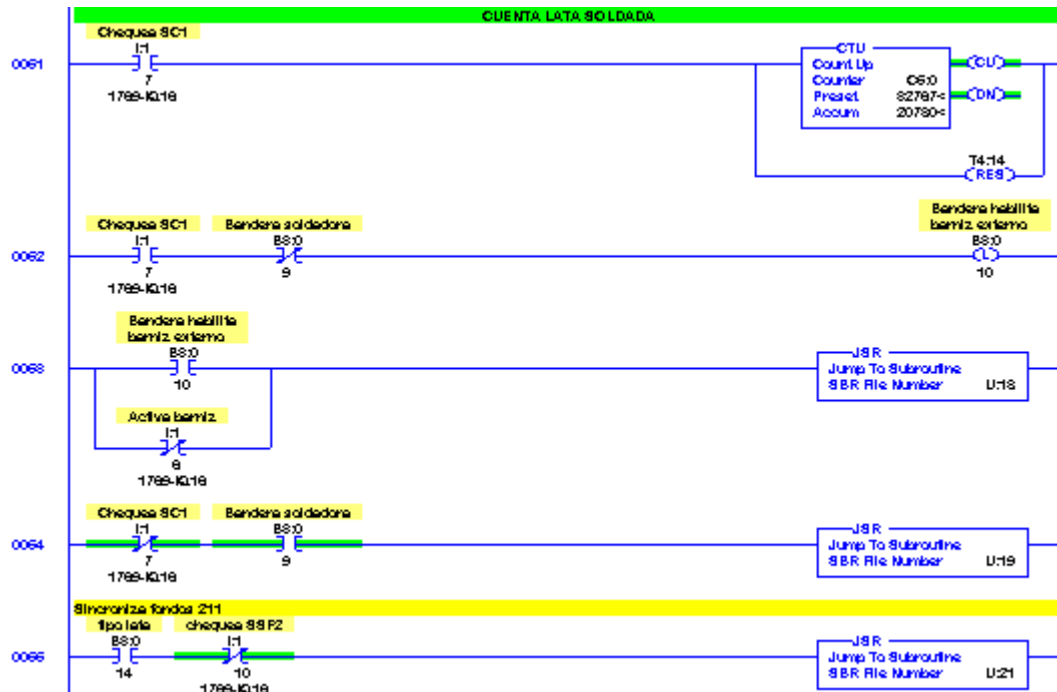


Figura 6.2 Diagrama escalera para activar el barniz exterior

### 6.1.2 Sección detecta bloqueos

El elevador camello se utiliza para llevar los envases al canal aéreo. En algunos casos se presentan bloqueos cuando algún envase se atasca. Si esto sucede el elevador y el contactor que activa el vacío que extrae las láminas para formar los cilindros son desactivados automáticamente. En la [figura 6.3](#) se muestra la ubicación del sensor SECB que se encarga de realizar esta función.



**Figura 6.3** Ubicación del sensor SECB

En la [figura 6.4](#) se muestra el diagrama escalera que se encarga de controlar las situaciones bajo las cuales se debe activar o desactivar el elevador camello o el contactor de vacío. Cuando el programa inicia la bandera de control de bloqueos B3:0/8 se encuentra apagada, no es hasta que el usuario activa el selector (entrada I:1/4) que se activa el contactor O:0/8 que enciende el elevador y contrae a su vez el pistón que bota latas que salen del horno. Con la bandera de bloqueos activa (B3:0/8) se chequea que la entrada I:0/11 se encuentre activa por lo menos 200ms (entrada para SECB), cuando esto pasa se ejecuta a rutina BLOQUEOON donde se apaga la salida O:0/8 y la salida O:0/10 (activa el vacío que extrae láminas a soldar) y se activa la bandera B3:0/8. Además se activa la bandera B3:1/0 cuya función se describirá más adelante. Si lo anterior sucede el sistema no reiniciará hasta que se remuevan los envases que obstruyen el elevador y además se presione el botón de reinicio manual I:1/5.

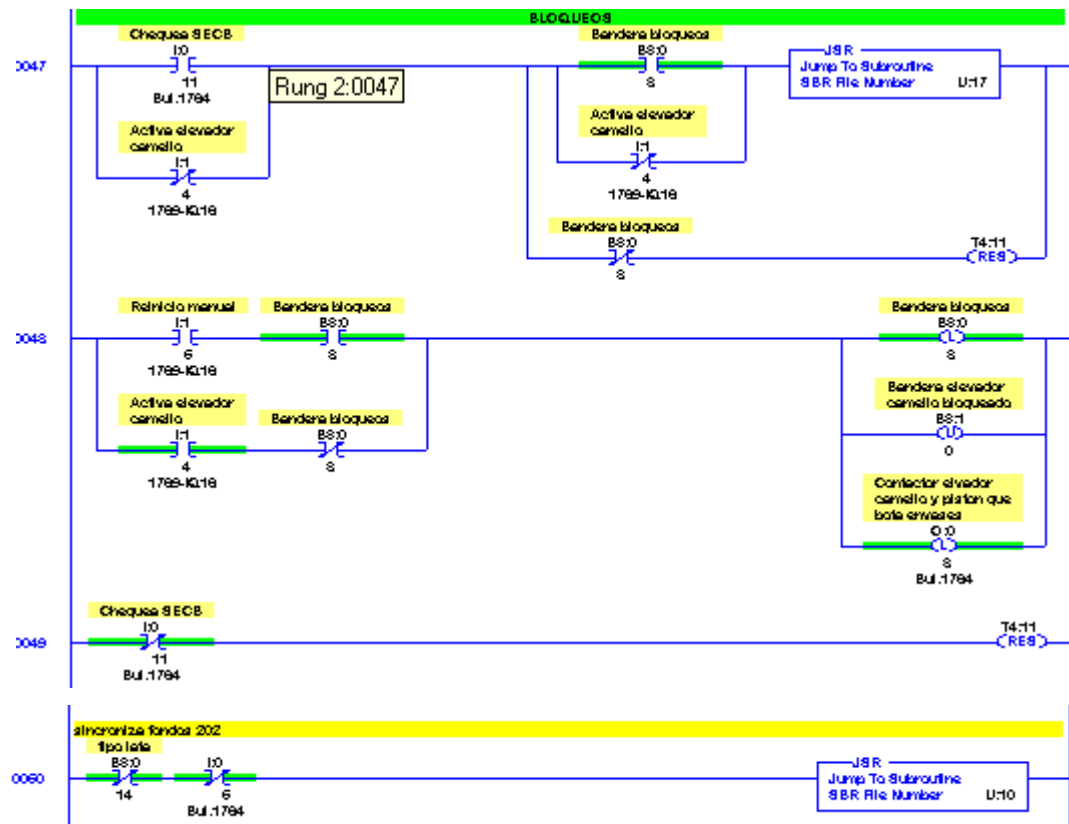


Figura 6.4 Diagrama escalera para control de bloqueos

### 6.1.3 Sección control flujo aéreo

En la [figura 6.5](#) se muestra la ubicación del sensor que se encarga de detectar cuando el canal aéreo está lleno. Como al principio no hay latas la entrada para SCLL I:0/9 se encuentra apagada, con lo cual un tiempo después se activa el contactor O:0/10 que se encarga de activar el vacío para extraer las láminas que son convertidas en cilindros por la soldadora FBB. Esto se realiza en la rutina FBBON donde además se activa la bandera B3:0/6. En la [figura 6.6](#) se muestra el diagrama de escalera para el control de flujo de envases en el canal aéreo.





Figura 6.5 Ubicación del sensor SCLL

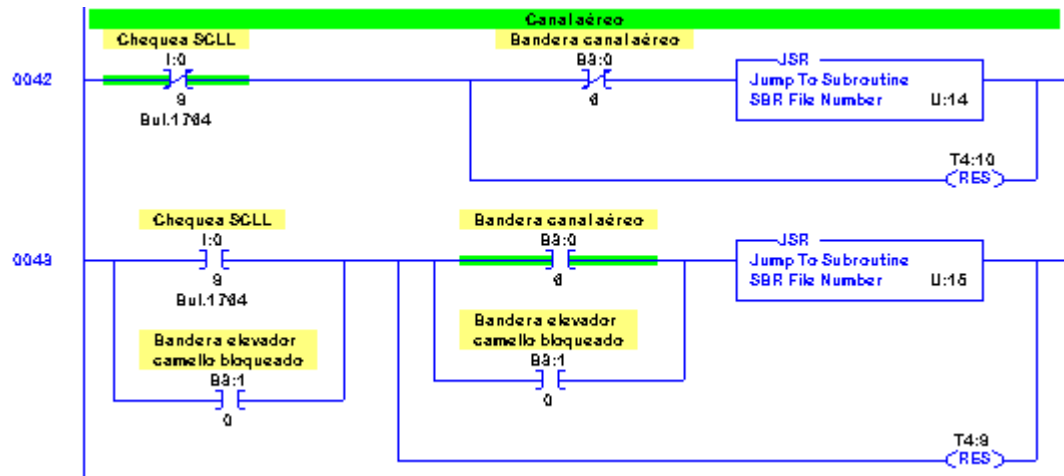


Figura 6.6 Diagrama escalera para el control de flujo de envases

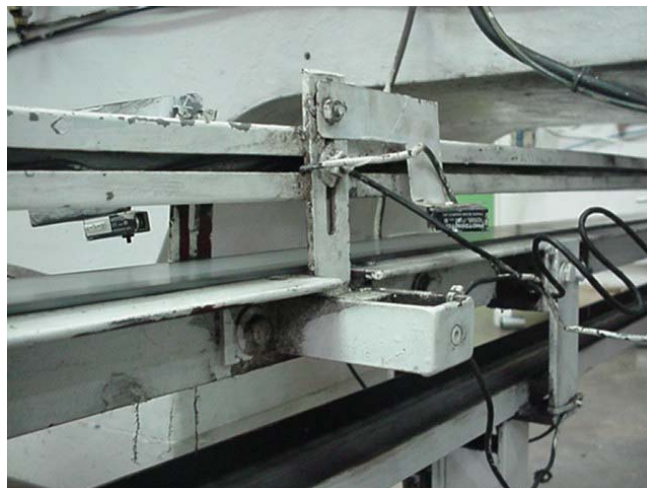
Cuando la entrada I:0/9 permanece activa por algún tiempo entonces se ejecuta la rutina FBBOFF donde se apaga el contactor O:0/10 (contactor para vacío) y la bandera B3:0/6. Sin embargo, en estado de funcionamiento automático este contactor se apaga instantáneamente si el elevador camello se apaga (I:1/4) o se activa la bandera B3:1/0 (bandera que indica que elevador camello se encuentra bloqueado).

#### 6.1.4 Sección pestañeadora 211

Para controlar el flujo de envases en la “pestañeadora” 211 necesitó de un sensor en la entrada y otro en la salida. En la [figura 6.7](#) y [figura 6.8](#) se muestra la ubicación del sensor de entrada y salida, respectivamente.



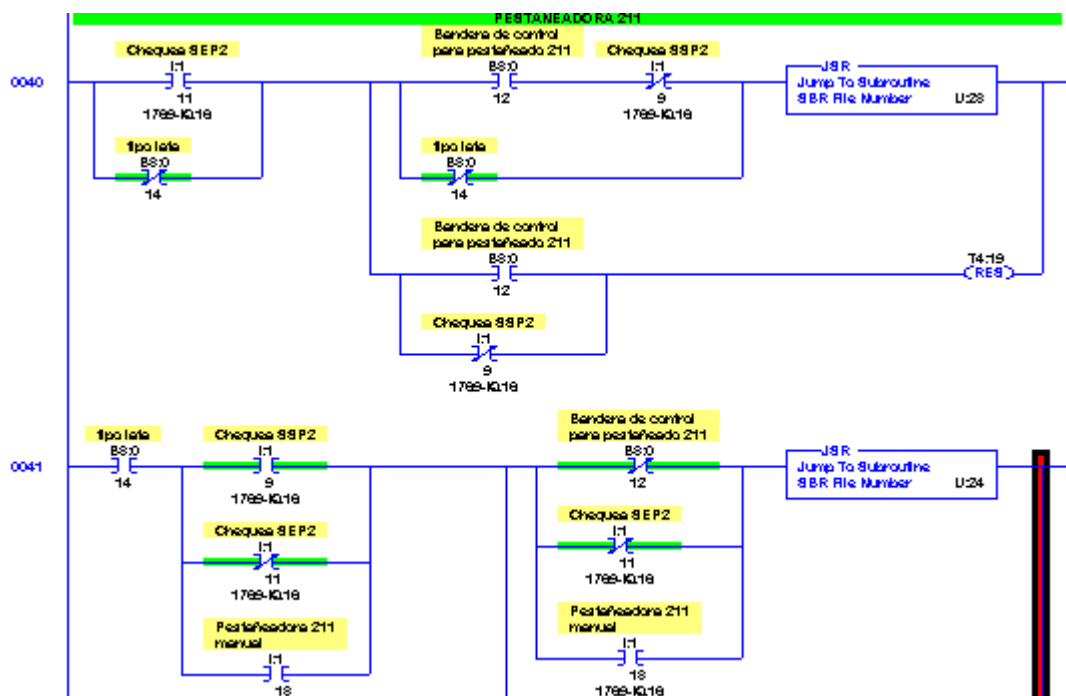
**Figura 6.7** Ubicación del sensor de entrada SEP2



**Figura 6.8** Ubicación del sensor de salida SSP2

En las “pestañeadoras” empieza a jugar una bandera de control para definir que tipo de envase se está produciendo, ya sea 202x308 o 211x304. Esta bandera es la B3:0/14 la cual es controlada desde el panel de control por medio de un botón. Cuando esta bandera está activa se está produciendo envases 211, caso contrario

se está produciendo 202. Por medio del sensor SEP2 (conectado a la entrada I:1/11) se determina si el canal de entrada está vacío, si es así se activa el pistón PP2 por medio de la salida O:0/5. Cuando el canal de entrada está lleno y si el canal de salida está vacío (entrada I:1/9) entonces se desactiva el pistón PP2. La bandera de control B3:0/12 permite definir cuando el programa debe entrar o no a ejecutar las rutinas PESTAON2 y PESTAOFF2, donde se desactiva y se activa la salida O:0/5, respectivamente. En la [figura 6.9](#) se muestra el diagrama escalera que se encarga de realizar estas funciones.



**Figura 6.9** Diagrama escalera para el control en la pestañeadora 211

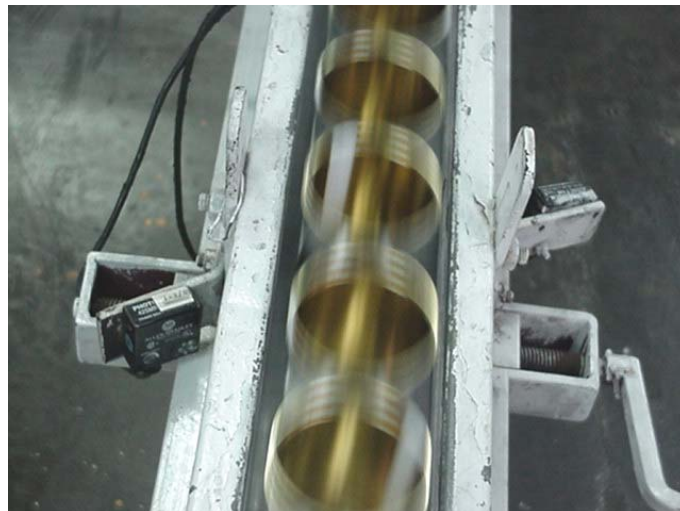
### 6.1.5 Sección cerradora 211

El control del flujo de envases en la cerradora 211 requirió el uso de tres sensores y dos pistones. En la [figura 6.10](#) se muestra la ubicación del sensor SCS2 que determina cuando el canal de salida está lleno, en la [figura 6.11](#) se muestra la ubicación del sensor SCE2 que determina cuando el canal de entrada está lleno, en

la [figura 6.12](#) se muestra la ubicación del sensor SSF2 que se utiliza para sincronizar la activación y desactivación del pistón que corta los fondos. En la [figura 6.13](#) se muestra la ubicación del pistón PC2 que se encarga de frenar el flujo de envases en la entrada de la cerradora 211, y en la [figura 6.14](#) se muestra la ubicación del pistón que corta el suministro de fondos.



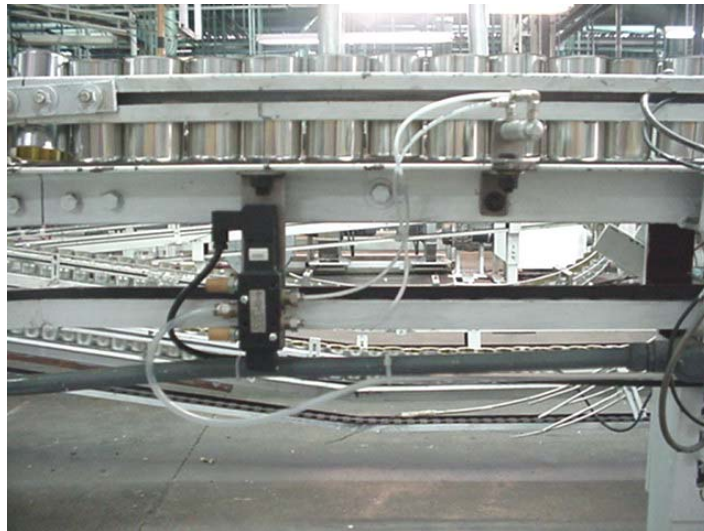
**Figura 6.10** Ubicación del sensor de salida SCS2



**Figura 6.11** Ubicación del sensor de entrada SCE2



**Figura 6.12** Ubicación del sensor de sincronización SSF2



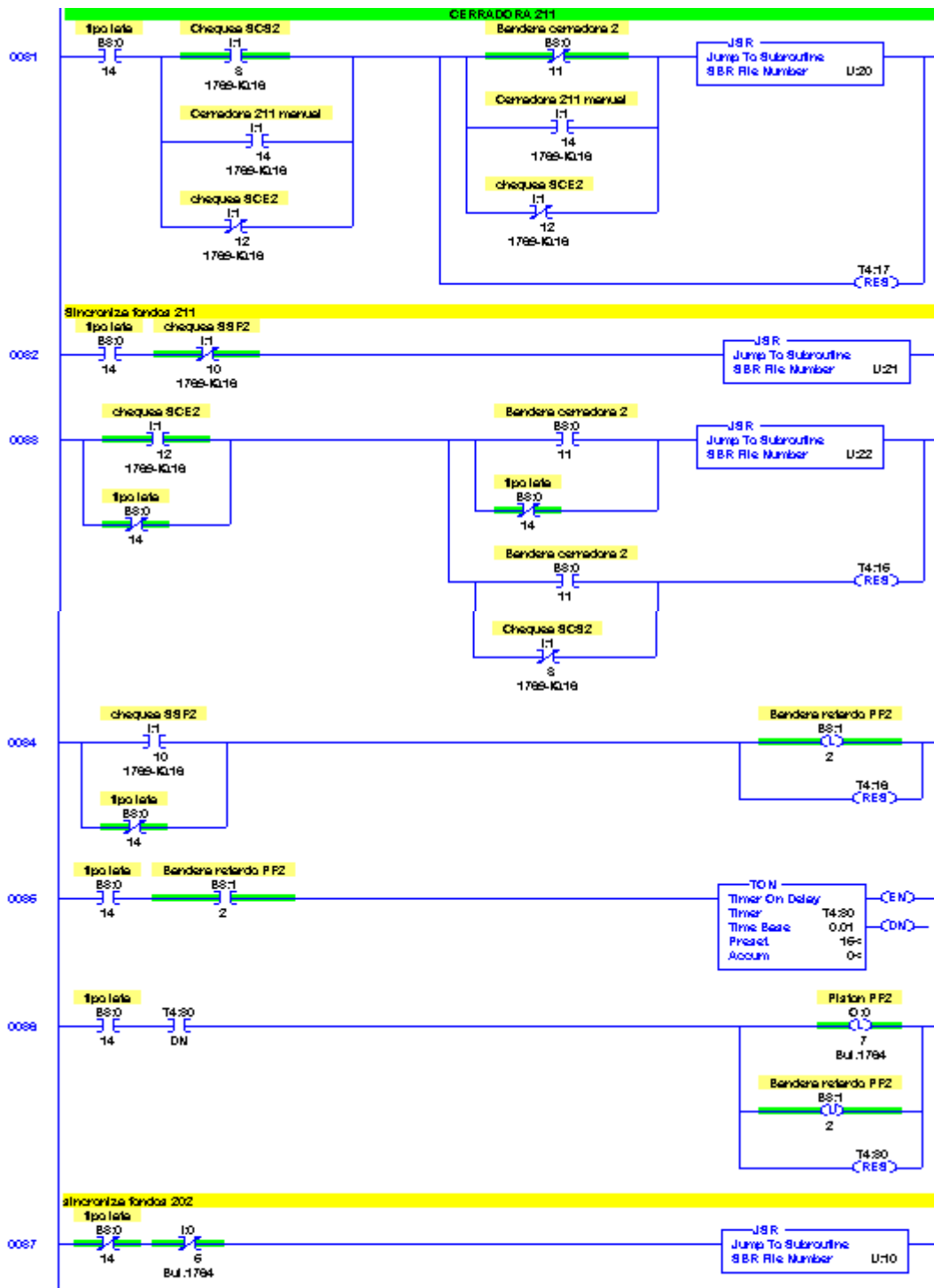
**Figura 6.13** Ubicación del pistón de entrada PC2



**Figura 6.14** Ubicación del pistón corta fondo PF2

En la [figura 6.15](#) se muestra el diagrama de escalera encargado de controlar el flujo de envases y el suministro de fondos para la cerradora 211. En un principio la bandera de control B3:0/12 se encuentra apagada, la entrada I:1/12 se encuentra apagada pues no hay envases, por lo que se ejecuta la rutina CERRAOFF2, donde se activa el pistón PC2 por medio de la salida O:0/6, como no están pasando envases entonces la entrada I:1/10 (SSF2) permanece apagada y se ejecuten a la rutina CUTFONDO2 donde se activa el pistón PF2 por medio de la salida O:0/7. Esta rutina utiliza el potenciómetro POT1 del PLC para definir el tiempo máximo de espera para que pase la siguiente lata.

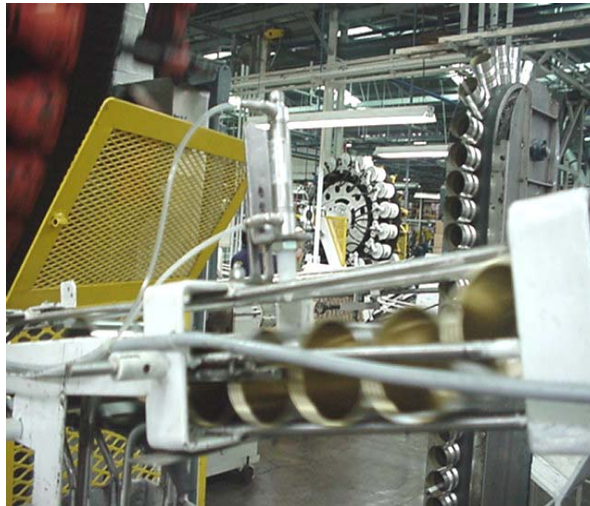
Cuando el canal de entrada se llena y el canal de salida está vacío (entrada I:1/8 para el sensor SCS2) entonces se desactiva la salida O:0/6 y comienza a circular envases por la cerradora, cuando el sensor SSF2 detecta el paso del primer envase entonces un instante después desactiva la salida O:0/7 para que se puedan suministrar los fondos. Cuando el canal de salida se llena (I:1/8 se activa) entonces se activa la salida O:0/6 (PC2), como después del pistón quedan algunos envases entonces se detecta cual es el ultimo en pasar y se corta el suministro de fondos activando la salida O:0/7.



**Figura 6.15** Diagrama escalera para el control en la cerradora 211

### 6.1.6 Sección control probadora

El control de flujo en la probadora está ligado a lo que sucede en el empaque. Es importante mencionar que la probadora neumática solo se usa con el envase 202. Como la idea es mantener siempre el canal de entrada lleno para lograr un funcionamiento uniforme en las bolsas de la probadora, se instaló un pistón en la entrada de dicha máquina. En la [figura 6.16](#) se muestra la ubicación de dicho pistón.



**Figura 6.16** Ubicación del pistón PPN

En la [figura 6.17](#) se muestra la sección del diagrama escalera que se encarga de controlar el flujo de envases que entra a la probadora. Cuando el programa arranca la entrada I:0/3 (SEPN) se encuentra apagada y como la bandera B3:0/3 se encuentra apagada entonces se ejecuta la rutina PROBAON donde se activa la salida O:0/2 correspondiente al pistón de entrada a la probadora PPN. Mientras este canal esté vacío el pistón permanece activo. Cuando el canal se llena (entrada I:0/3 se activa) y el motor del empaque está encendido y además el canal del empaque está vacío entonces se ejecuta la rutina PROBAOFF donde se desactiva la salida O:0/2. Con esto los envases ingresan a la probadora.

Por otro lado, si el canal de entrada está lleno (I:0/3 está activo), y el canal del empaque se llena (entrada I:0/0 se activa), entonces se ejecuta la rutina PROBAON,



donde se activa la salida O:0/2 y se detiene el flujo de envases hacia la probadora. Otra situación que se tomó en cuenta es que si se apaga el motor del empaque (ocurre cuando los empacadores toman algún receso) entonces también de ejecuta la rutina PROBAON y se activa la salida O:0/2.

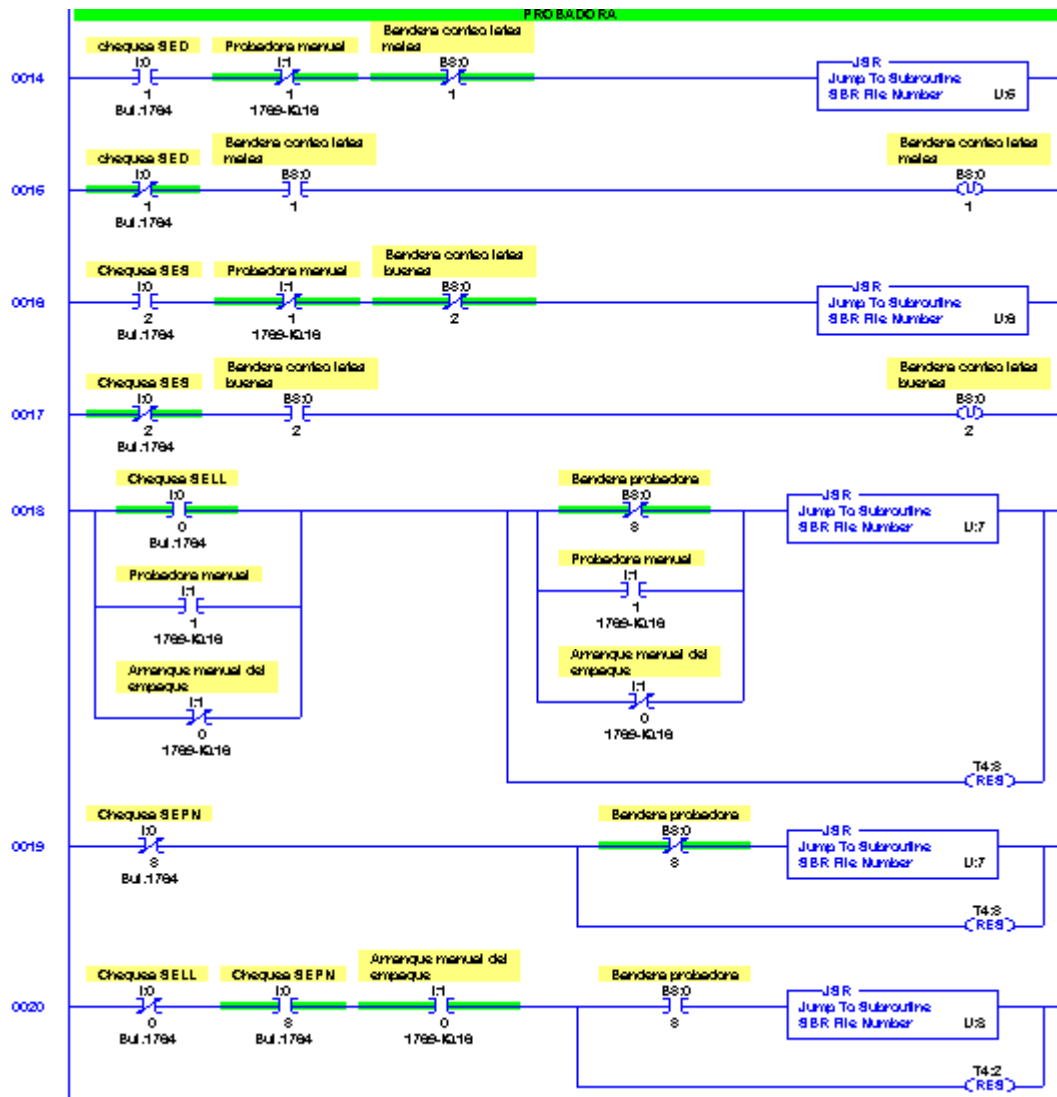


Figura 6.17 Diagrama escalera para el control en la probadora neumática

### 6.1.7 Sección control de empaque

Para controlar lo que sucede en el empaque se instaló el sensor SELL que se muestra en la [figura 6.18](#). Una vez que el usuario arranca el motor desde la botonera que se encuentra en la zona de empaque, el sensor queda habilitado para funcionar. Mientras el motor del elevador del empaque se encuentra apagado (entrada I:1/0 apagada) se ejecuta la rutina EMPAQUEOFF, donde se apaga la salida O:0/0 correspondiente al contactor que arranca o para el motor del elevador de empaque.

Una vez que el motor se activa, la entrada I:0/0 correspondiente al sensor SELL se habilita. En un principio la bandera B3:0/0 se encuentra apagada, como la entrada I:0/0 también lo está, se ejecuta la rutina EMPAQUEON donde se activa el contactor O:0/0. Cuando el canal de empaque se llena la entrada I:0/0 permanece activa con lo cual se ejecuta la rutina EMPAQUEOFF, donde se desactiva el contactor O:0/0. En la [figura 6.19](#) se muestra el diagrama escalera relacionado con la lógica descrita anteriormente.

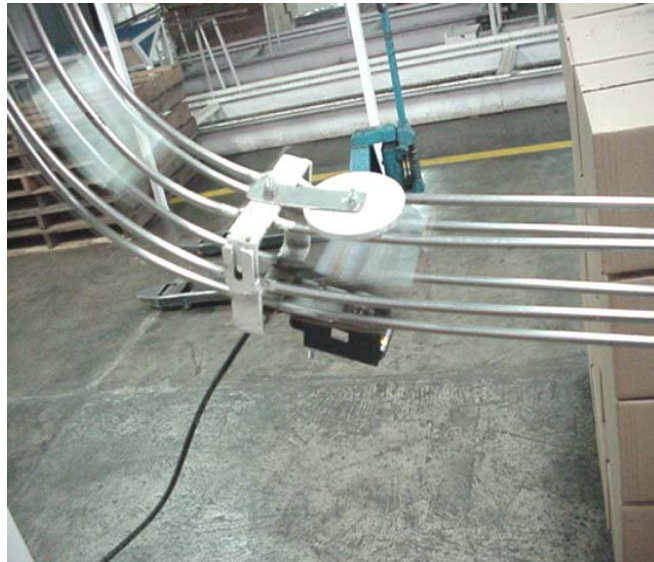


Figura 6.18 Ubicación del sensor SELL

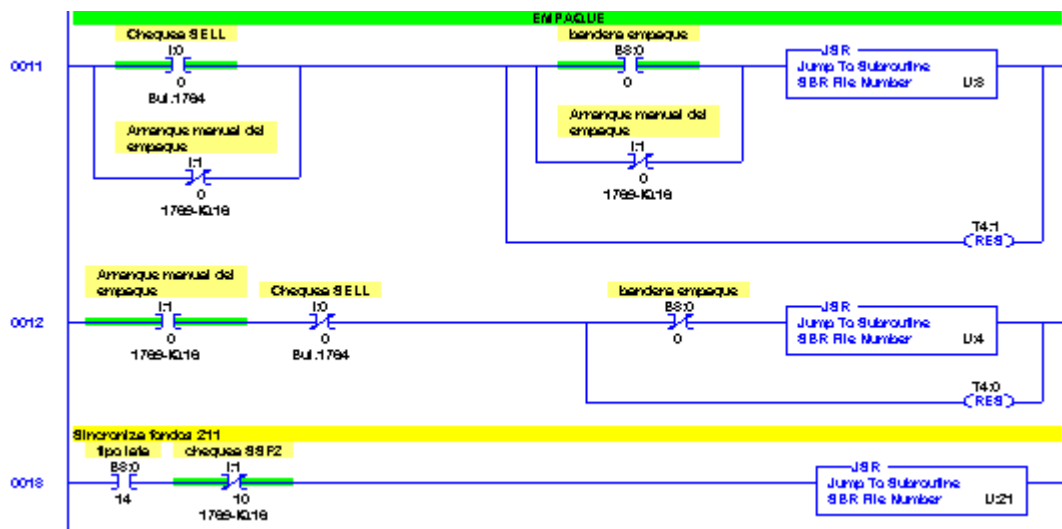


Figura 6.19 Diagrama escalera para el control en la zona de empaque

## 6.2 Alcances y limitaciones

Uno de los logros más importantes que se logró con el nuevo sistema de control fue la modernización del proceso de fabricación de envases 202 y 211. Con el nuevo MicroLogix 1500 es posible implementar futuras etapas de automatización utilizando el hardware existente. Por otro lado el mantenimiento y mejoramiento de línea de producción se vuelve más fácil ya que existen en el mercado muchas personas capacitadas para realizar dichas funciones. Además con el modo de programación y monitoreo en línea que se puede lograr conectando una PC a cualquier puerto del PLC permite realizar ajustes y cambios en la lógica de programación sin necesidad de desinstalar el PLC del panel. El sistema permite a futuros programadores agregar nuevos módulos de expansión y controlar cualquier otro proceso.

Uno de los alcances más importantes del proyecto fue el cambio en el modo de control del flujo de envases en las cerradoras. Anteriormente estas estaban sujetas a constantes paros y arranques, ahora se utiliza el principio de canal de entrada lleno y canal de salida vacío para que fluyan libremente los envases por las cerradoras. De esta forma se logra un funcionamiento más constante y homogéneo de las cerradoras, lo cual evita el desgaste mecánico y alto consumo de corriente que se produce en el arranque de dichas máquinas.

Además se instaló a la entrada de la probadora un pistón que se encarga de mantener el canal de entrada lleno, de esta manera la probadora trabaja siempre con todas sus bolsas llenas. Esto evita el desperdicio de presión de aire en vano y minimiza las posibilidades de daños en la probadora.

Por otro lado el nuevo sistema está diseñado para mantener siempre lleno el canal de entrada a las “pestañeadoras”, esto evita que se atasquen los envases lo cual haría que ésta máquina se detenga, además permite un flujo adecuado de envases hacia las “cerradoras”.

Uno de los aciertos más importantes del nuevo sistema es contar con un sistema de paro de emergencia en caso de bloqueos en el “elevador camello”. Cuando esto sucede el elevador se detiene y el proceso de soldado de envases de detiene. El sistema se reinicia por medio de un botón solo si ya se ha removido las latas que bloquean el elevador. Este reinicio se realiza de forma manual para proteger al operador de algún accidente. El hecho de para el proceso de producción automáticamente es importante para evitar accidentes a operador, ya que con el sistema anterior éste debía correr para apagar todo de forma manual.

Una de las limitaciones más importantes del sistema es que no cuenta con un sistema que chequea la velocidad de producción, esto es importante ya que los tiempos de activación y desactivación de salidas están fijos.

Otra limitación del sistema es que no cuenta con un sistema de apagado automático en caso de fallas, por ejemplo si por algún motivo se reventó el cable de soldadora en al FBB tanto las “pestañeadoras” como las cerradoras quedan activas hasta que se repare el daño o que el operador las apague manualmente. Lo más conveniente sería apagar las máquinas de forma automática para evitar el desperdicio de energía ya que en alguno casos estas reparaciones toman varios minutos, y tanto los transportes, como las demás máquinas quedan activas innecesariamente.

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

#### **7.1 Conclusiones**

1. El nuevo sistema de control basado en un PLC MicroLogix 1500 le permite a la empresa Crown Cork Centroamericana S.A. realizar labores de mantenimiento y mejoramiento en el control del flujo de envases de forma más eficiente y económica, ya que en el país existe mano de obra calificada para realizar dichas tareas sin necesidad de contratar personal extranjero o mano de obra extremadamente cara.
2. Dado que el nuevo sistema puede llegar a tener hasta 16 módulos de expansión, es posible realizar a corto y mediano plazo otras etapas de automatización a bajo costo, si consideramos que se cuenta con el “hardware” y “software” necesarios.
3. Se logró integrar dentro de una misma lógica diferentes módulos de control que antes se encontrabas trabajando de forma independiente. Esto facilita las labores de mantenimiento y optimiza el uso de equipo extra (temporizadores, transformadores) que en muchos casos son necesarios instalar para controlar algún evento del proceso de producción, cuando esto se puede lograr con solo programas algunas rutinas de control.
4. El nuevo sistema aumenta la seguridad para el operador de la línea al proveerle de un paro automático cuando se dan bloqueos en el “elevador camello” y de reiniciar el sistema de forma manual con solo oprimir un botón.
5. La nueva forma de funcionamiento de las cerradoras disminuye el desgaste mecánico y ahorra energía al permitir que éstas funcionen constantemente.
6. Se optimizó los tiempos de activación y desactivación de los pistones que se encargan de controlar el flujo de envases durante el proceso de producción, manteniendo un adecuado funcionamiento de las máquinas que intervienen en el proceso.

## 6.2 Recomendaciones

1. Instalar a corto plazo un sistema para chequear la velocidad de producción y así optimizar los algoritmos de control para que se ajusten a cualquier velocidad de producción.
2. Mantener un constante mantenimiento tanto del equipo neumático y mecánico para evitar fallas por acumulación de polvo, desajustes mecánicos, etc.
3. Mantener en la red neumática instalada una presión mínima de 60 psi para así garantizar que los pistones corten el suministro de fondos en las cerradoras.
4. Proveer a corto plazo al sistema de un módulo expansión con salidas tipo relé para apagar las máquinas cuando éstas se encuentran activas por algún tiempo determinado sin procesar envases, lo cual correspondería a una etapa de paro de emergencia.
5. Mejorar la entrada de las “cerradoras” para que los envases puedan ingresar correctamente; esto porque en algunos casos un envase se vuelca, y si el operario de la línea no se da cuenta, la “cerradora” empieza a destruir los envases y por consiguiente puede dañarse esta máquina.
6. Programar en el panel de operador un sistema de seguridad para restringir el acceso a personal no calificado. Esto se puede lograr programado un código de seguridad de entrada a ciertas opciones que se muestran en el panel de operador.

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Allen Bradley. Publication PG-9000, December 1990. Photoswitch. Presense Sensing Products Division. 265 Winter Street, Waltham, MA 02154.
2. Norgren. 2000. Norgren CD Catalog. NCDC v1.0. Norgren, USA.
3. Rockwell Automation.2001. PanelBuilder32. Version N<sup>o</sup> 3.70.00. Catalog N<sup>o</sup> 2711-ND3. USA: Rockwell International Corporation.
4. Rockwell Automation. 2001. RSLogix 500. Starter Versión 5.00.10. USA: Rockwell Software Inc.
5. Allen Bradley. March 2000. Installation Instructions: MicroLogix 1500 Programmable Controller Base Units. Catalog Numbers: 1764-24AWA, 1764-24BWA, 1764-28BXB. USA: Rockwell Automation.
6. Allen Bradley. June 2000. Installation Instructions: Compact™ 24V dc Sink/Source Input Module. Catalog 1769- IQ16. USA: Rockwell Automation.
7. Allen Bradley. April 2000. User Manual: MicroLogix™ 1500 Programmable Controllers. Bulletin 1764. USA: Rockwell Automation.
8. Allen Bradley. June 2000. User Manual: PanelBuilder - Development Software. Catalog Number 2711-ND1. USA: Rockwell Automation.
9. Allen Bradley. July 2000. RSLogix 500. USA: Rockwell Automation.
10. Allen Bradley. May 2001. PanelView Standard Operator Terminals. USA: Rockwell Automation..
11. Allen Bradley. December 1999. Technical Data: 1769 Compact™ I/O Power Supplies and communication Bus Expansion Cables. USA: Rockwell Automation.



## APÉNDICES Y ANEXOS

---

### Apéndice A.1 Características del estándar 202x308 y 211x 304

Parámetro	202x308*	211x304
Altura total	3486-3510	3220-3250
Profundidad	117-126	116-130
% Juntura	Mín 50%	Mín 50%
Altura del sello	105-126	105-126
Grosor del sello	39-45	44-51
Gancho del cuerpo	68-87	73-87
Gancho de fondo	65-79	73-87
Traslape	Mín 40%	Mín 45%
%Arruga	Mín 50%	Mín 50%
Pestaña	87-99	102-118
Diámetro total	2146-2166	2660-2690

---




\* Especificaciones en milésimas de pulgada

## Apéndice A.2 Abreviaturas

Abreviatura	Descripción
DP	Depósito de polvo, para el barniz interior
CPE	Control de polvo electrostático
T1	Transporte 1
T2	Transporte 2
P202	Pestañeadora 202
P211	Pestañeadora 211
P202/211	Pestañeadora híbrido 202/211
C202	Cerrado 202
C211	Cerrado 211
TT1	Transporte tablilla 1
TT2	Transporte tablilla 2
PN	Probadora neumática
EE	Elevador empaque
SELL	Sensor elevador empaque
CEE	Contactador elevador camello
SES	Sensor envase salida
SED	Sensor envase dañado
SEPN	Sensor de entrada de la probadora neumática
PPN	Pistón probadora neumática
SCS1	Sensor cerradora 1 de salida (202)
SCE1	Sensor cerradora 1 de entrada (202)
SSF1	Sensor para sincronizar fondos 1 (202)
PC1	Pistón cerradora 1 (202)
PF1	Pistón fondos 1 (202)
SCS2	Sensor cerradora 2 de salida (211)
SCE2	Sensor cerradora 2 de entrada (211)
SSF2	Sensor para sincronizar fondos 2 (211)
PC2	Pistón cerradora 2 (211)
PF2	Pistón fondos 2 (211)
SSP1	Sensor de salida pestañeadora 1
SEP1	Sensor de entrada pestañeadora 1
PP1	Pistón pestañeadora 1

SSP2	Sensor de salida pestañeadora 2
SEP2	Sensor de entrada pestañeadora 2
PP2	Pistón pestañeadora 2
SSP3	Sensor de salida pestañeadora 3
SEP3	Sensor de entrada pestañeadora 3
PP3	Pistón pestañeadora 3
SCLL	Sensor canal aéreo lleno
SC2	Sensor contador 2 (envase evacuado)
SECB	Sensor elevador camello bloqueado
CEC	Contactador elevador camello
CB	Contactador para barniz
SC1	Sensor contador 1 (lata soldada)
EEM	Elevador de empaque manual
PNM	Probadora neumática manual
C1E	Cerradora 202 manual
C2E	Cerradora 211 manual
P2M	Pestañeadora 211 manual
P3M	Pestañeadora 202 manual
ECM	Elevador camello manual
SM	Soldadora FBB Manual
RC	Reinicio camello
RS 232	Protocolo de comunicación para distancias cortas
DH 485	Protocolo de comunicación para largas distancias, permite transmisión de datos en ambos sentidos al mismo tiempo (Full-Duplex ), y en forma alternada, no al mismo tiempo (Half- Duplex)

### Apéndice A.3 Simbología

Símbolo	Dispositivo
	Pistón
	Sensor
	Contactador

### Apéndice A.4 Especificaciones técnicas del PLC Siemens Simatic S7-200 CPU 214

<b>Tamaño físico AxAxP</b>	197mm x 80mm x 62mm
<b>Memoria:</b>	
Programada (EEPROM)	2K Palabras
Datos de usuario	2K Palabras
<b>Entradas / Salidas (E/S):</b>	
E/S integradas	14 ent. Digitales / 10 sal. Tipo relé
Módulos de expansión máxima	7 módulos
<b>Operaciones:</b>	
Velocidad de ejecución booleana	0.8µs / operación
Contadores / Temporizadores	128 / 128
Aritmética de coma flotante	Sí
Aritmética de coma fija	Sí
<b>Funciones adicionales:</b>	
Contadores rápidos	1 S/W, 2 H/W
Potenciómetros analógicos	2
Entradas de interrupción de hardware	4
Interrupción de comunicación	1 emisor / 1 receptor
Interrupciones temporizadas	2
Reloj de tiempo real	Sí
<b>Comunicación:</b>	
Interfaz	1 (RS-485)
Punto a punto	Sí

### Apéndice A.5 Factor de fuerza para los pistones

Tamaño del Émbolo	Diámetro del Bástago	Factor de fuerza	
		Extención	Contracción
7/16"	3/16"	0.15	0.12
9/16"	3/16"	0.25	0.22
3/4"	1/4"	0.44	0.39
1-1/16"	5/16"	0.89	0.61
1-1/4"	7/16"	1.23	1.08
1-1/2"	7/16"	1.77	1.62
2"	5/8"	3.14	2.84
2-1/2"	5/8"	4.91	4.61

**Fórmula de salida para el cilindro**

Fuerza de salida del cilindro = Factor de fuerza x Presión de aire en la línea (psi)  
x 4,44 (el resultado queda en Newtons)

**Ejemplo:** para una presión de 80 psi, un pistón de 3/4" de émbolo:

Fuerza de empuje:  $0.44 \times 80 \times 4.44 = 156$  Newtons

Fuerza de contracción:  $0.39 \times 80 \times 4.44 = 138$  Newtons

## Anexo B.1 Diagrama de distribución de planta

