

Instituto Tecnológico de Costa Rica



Escuela de Ingeniería en Electrónica

Automatización Industrial de Centroamérica S.A.

***“Prototipo de Control y Monitoreo para una Máquina Campaneadora IPM
BA500”***

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

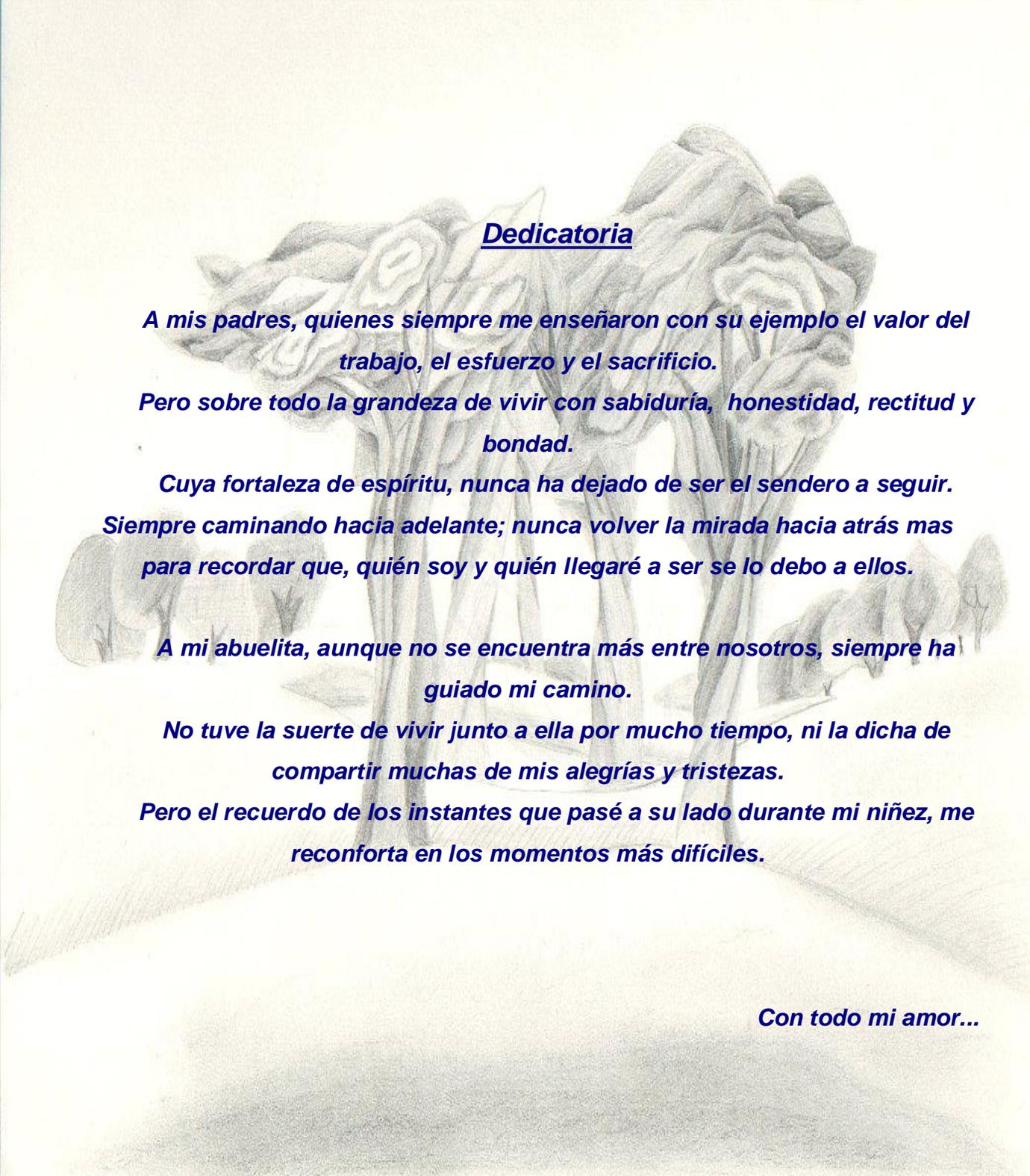
Ching Yee Law Wan

Cartago, junio 2001



AUTOMATIZACION INDUSTRIAL
DE CENTROAMERICA S.A.





Dedicatoria

A mis padres, quienes siempre me enseñaron con su ejemplo el valor del trabajo, el esfuerzo y el sacrificio.

Pero sobre todo la grandeza de vivir con sabiduría, honestidad, rectitud y bondad.

Cuya fortaleza de espíritu, nunca ha dejado de ser el sendero a seguir. Siempre caminando hacia adelante; nunca volver la mirada hacia atrás mas para recordar que, quién soy y quién llegaré a ser se lo debo a ellos.

A mi abuelita, aunque no se encuentra más entre nosotros, siempre ha guiado mi camino.

No tuve la suerte de vivir junto a ella por mucho tiempo, ni la dicha de compartir muchas de mis alegrías y tristezas.

Pero el recuerdo de los instantes que pasé a su lado durante mi niñez, me reconforta en los momentos más difíciles.

Con todo mi amor...

Agradecimientos

Durante mis pasos como estudiante en el Tecnológico, nunca me ha faltado el apoyo de compañeros y especialmente de amigos. Quienes me brindaron no sólo su amistad, también me permitieron compartir junto a ellos preciosos momentos...

Momentos que irremediablemente están grabados muy profundo en mi alma.

Gracias a mis amigos y compañeros; Raquel, Trissia, Ingrid, Oscar, Sayron, Víctor, Carlos, Simón y Juan Carlos (Popes) por sus risas, sus bromas, su gran apoyo y por recorrer a mi lado estos últimos cinco años. Y espero que siempre sea así. Los quiero y nunca dejarán de ser una parte muy especial de mi vida.

Agradezco especialmente a la familia Álvarez Figueroa; a doña Sonia, Adriana, Laurita y Alexander quienes siempre me ofrecieron la calidez de su hogar y me hicieron sentir parte de su familia. Por su amabilidad y bondad. Infinitas gracias!!!

A Rodolfo Lizano quién me brindó su conocimiento para la realización de este proyecto. Muchas gracias!!!

Doy gracias al Ing. Johnny Alvarado y al Msc. Luis A. Gólcher por permitirme realizar el proyecto de graduación en su empresa. También agradezco a mis compañeros de trabajo: Alexandra, Carlos, Mario, Gustavo, Leonel, John y Gerardo, por sus enseñanzas y su paciencia.

Gracias a mis profesores que durante estos años me ofrecieron la oportunidad de aprender de ellos y estuvieron dispuestos a transmitirme sus conocimientos.

RESUMEN

La tecnología tradicional de acople en tuberías de PVC para agua consiste en empatar un extremo campaneado con el extremo normal de otro tubo y aplicando pegamento para PVC. Sin embargo se ha llegado a la conclusión de que este método de acoplamiento no es ideal debido a la tendencia a crear fugas por causa de presión.

Entonces labores de investigación llevaron a lo que se conoce como sistema RIEBER (Junta Integrada), el cual consiste básicamente en un campaneado especial de los tubos PVC, donde se incorpora un empaque metálico revestido de hule, esto permite el acople entre tubos sin necesidad de pegamento para PVC, esto es, acoplando los dos extremos mediante presión.

Actualmente la mayoría de las máquinas campaneadoras fueron diseñadas para realizar campaneado sin empaque, por lo que se hace necesario realizar una conversión en dichas máquinas.

Adicionalmente, para realizar la conversión de estas máquinas a este nuevo sistema se recurre al empleo de PLC's de diversos fabricantes, y por lo general existen incompatibilidades entre las interfaces de I/O entre PLC's.

Con este proyecto se desarrolló el control y simulación de una máquina campaneadora con programas de alto nivel (InControl e InTouch)

Esto permite reutilizar el código generado sin un gran esfuerzo; a diferencia de un PLC, que dependiendo de una marca a otra; la incompatibilidad de lenguajes ocasiona el problema de tener que volver a generar el código para el control de un proceso específico, partiendo casi de cero.

Además ofrece la flexibilidad de programación, ya que permite la utilización e interacción de diversos lenguajes de programación como: lógica en escalera (RLL), texto estructurado y SFC.

Palabras clave: control, PLC's, lenguaje de alto nivel, tecnología RIEBER, máquinas campaneadoras.

ABSTRACT

The traditional coupling technology for PVC water pipes consists in attaching a beelling end with a normal end of another tube, applying paste for PVC. However it has been reached to the conclusion that this method is not ideal due to the tendency to create leaks because of pressure.

Therefore, research and development works led to what is known as the RIEBER System. This system consists basically on a special beelling of the PVC tubes, where metallic packing covered with rubber is incorporated. This allows joining to tubes without the necessity to use paste for PVC, the two ends are coupled by means of pressure.

At the moment most of the beelling machines are designed to do beelling without packing. For this reason, it becomes necessary to carry out a conversion in these machines.

Additionally, to implement the conversion of these machines to the new system it is appealed to the employment of several makers PLC's. In general, incompatibilities exist between the I/O interfaces among PLC's.

In this project the control and simulation of a beelling machine with high level programming (InControl and InTouch) was developed.

This allows reusing the generated code without a great effort. Avoiding the dependence of the PLC manufacturers and their incompatibility of programming languages, that causes of having to generate new code for the control of a specific process.

The software used in the project also offers programming flexibility, since it allows the use and interaction of diverse programming languages like: Relay Logic Ladder (RLL), Structured text and Sequential Function Chart (SFC).

Key Words: control, PLC's, language of high level, RIEBER technology, beelling machines.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción de la empresa	2
1.1.1. Descripción General	2
1.1.2. Departamento de Ingeniería.	3
1.1.3. Logo de la Empresa.	3
1.2 Definición del problema y su importancia	3
1.3 Objetivos	8
1.3.1. Objetivo General	8
1.3.2. Objetivos Específicos	8
CAPÍTULO 2 ANTECEDENTES	9
2.1 Estudio del problema a resolver	10
2.2 Requerimientos de la empresa	15
2.3 Solución propuesta	17
CAPÍTULO 3 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	20
CAPÍTULO 4 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO	23
CAPÍTULO 5 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA	25
5.1 InControl	26
5.2 InTouch	29

CAPÍTULO 6 ANÁLISIS Y RESULTADOS	32
6.1 Explicación del diseño de control	33
6.1.1. Modos de operación	33
6.1.2. Reset	34
6.1.3. Paro de emergencia	34
6.1.4. Especificaciones Generales	35
6.1.5. Sensores	36
6.1.6. Parámetros	38
6.1.7. Condiciones para la operación automática	38
6.1.8. Enclavamientos para las acciones manuales	42
6.2 Visualización	44
6.2.1. Pantalla Principal	44
6.2.2. Pantalla Visualización de Proceso	45
6.2.3. Pantalla de Estados de las Alarmas	46
6.2.4. Gráficos de Temperatura	47
6.2.5. Menú Principal	48
6.2.6. Barra Principal	48
6.3 Explicación del diseño de simulación	49
6.4 Alcances y limitaciones	53
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	58
APÉNDICE 1 DIAGRAMAS SFC PARA LA SECUENCIA AUTOMÁTICA	60
APÉNDICE 2 ESTÁNDARES INTERNACIONALES	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.2.1.1	<i>Máquina Campaneadora IPM 500</i>	4
Figura 1.2.1.2	<i>Vista frontal y superior de una Máquina Campaneadora IPM 500.</i>	5
Figura 1.2.1.3	<i>Comparación entre Acabados de Tubo</i>	6
Figura 1.2.1.4	<i>Tubo Campaneado con Junta Integrada.</i>	6
Figura 1.2.1.5	<i>Vista Lateral de la Máquina Campaneadora IPM 500</i>	7
Figura 2.1.1.1	<i>Secuencia de pasos para carga un empaque</i>	14
Figura 2.3.1.1	<i>Diagrama de interacción entre InTouch e InControl</i>	17
Figura 2.3.1.2	<i>Pantalla de Visualización</i>	18
Figura 2.3.1.3	<i>Bloque de Función y programa en SFC</i>	19
Figura 5.1.1.1	<i>Lenguaje de programación en escalera.</i>	26
Figura 5.1.1.2	<i>Lenguaje de programación en SFC</i>	26
Figura 5.1.1.3	<i>Lenguajes de programación en Texto Estructurado</i>	27
Figura 5.2.1.1	<i>Application Manager de InTouch</i>	29
Figura 5.2.1.2	<i>Window Maker de InTouch</i>	30
Figura 5.2.1.3	<i>Sistemas operativos soportados por InControl e InTouch</i>	31
Figura 6.1.1.1	<i>Panel de control para el sistema de control de una IPM BA500</i>	34
Figura 6.1.5.1	<i>Ubicación de los sensores en la Máquina Campaneadora</i>	37
Figura 6.1.6.1	<i>Parámetros del sistema de control para una IPM BA500</i>	38
Figura 6.2.1.1	<i>Pantalla principal. Nivel de acceso de seguridad</i>	44
Figura 6.2.2.1	<i>Pantalla de visualización</i>	45
Figura 6.2.3.1	<i>Pantalla de visualización de alarmas</i>	46
Figura 6.2.4.1	<i>Grafico de temperatura del mandril</i>	47
Figura 6.3.1.1	<i>Bloques de Funciones en InControl</i>	49
Figura 6.3.1.2	<i>Asignación de la variable al bloque de función</i>	50
Figura 6.3.1.3	<i>Bloques de Funciones en el programa de Control</i>	51
Figura 6.3.1.4	<i>Asignación de Parámetros</i>	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Soporte de Interfaces de InControl	27
Tabla 2 Descripción de los sensores involucrados en el proceso de campaneo	36
Tabla 3 Controles del menú principal	48
Tabla 4 Controles de la barra principal	48

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de la empresa

1.1.1. Descripción General

Automatización Industrial de Centroamérica S.A., AICASA; se ubica en el cantón de Curridabat, San José. Fue fundada en enero de 1997 por dos ingenieros eléctricos graduados de la Universidad de Costa Rica: Luis A. Gólcher y Johnny Alvarado, con el fin de implementar sistemas de control para procesos industriales.

AICASA es una empresa *Integradora de Sistemas*, en otras palabras, esta empresa utiliza las herramientas de la ingeniería con el propósito de diseñar, desarrollar e instalar proyectos con equipos de alta calidad y que sean capaces de solucionar con eficiencia una necesidad específica en la industria.

La finalidad de esta empresa es la de satisfacer las necesidades de automatización de la industria nacional, y expandirse al territorio centroamericano. Así, Automatización Industrial de Centroamérica S.A. cuenta con una empresa hermana en Honduras. Además, ha desarrollado distintos proyectos en coordinación con Siemens S.A. y el Grupo Schneider en Costa Rica.

Hasta la fecha, esta empresa ha desarrollado más de 100 proyectos de los cuáles se pueden citar los siguientes:

- Automatización del Acueducto Herediano
- Automatización de un Sistema de Mezcladora para Amanco – PPC
- Automatización de la Planta Hidroeléctrica de Río Segundo
- Panel de Sincronía Empacadora del Atlántico

Automatización Industrial de Centroamérica S.A. es representante y distribuidor nacional de la empresa Wonderware, la cual desarrolla programas para interfaces humano-máquina, en aplicaciones de monitoreo y control de tipo SCADA¹.

1.1.2. Departamento de Ingeniería.

Las actividades que se realizan en este departamento son:

- Ingeniería Básica
- Diseño y Construcción de Sistemas
- Soporte Técnico
- Desarrollo de Proyectos
- Servicio de Campo

1.1.3. Logo de la Empresa.



**AUTOMATIZACION INDUSTRIAL
DE CENTROAMERICA S.A.**



1.2 Definición del problema y su importancia

¹ SCADA: acrónimo para “Supervisory Control and Data Adquisition”. Sistema de Control y Adquisición de Datos.

Una máquina campaneadora, en este caso una máquina IPM BA 500 (*figura 1.2.1.1*), es la encargada de realizar la última etapa en el proceso de elaboración básico de los tubos de PVC. Esta etapa consiste en brindarle a uno de los extremos del tubo la forma de campana a fin de poder realizar acoples con otros tubos y lograr la longitud deseada.

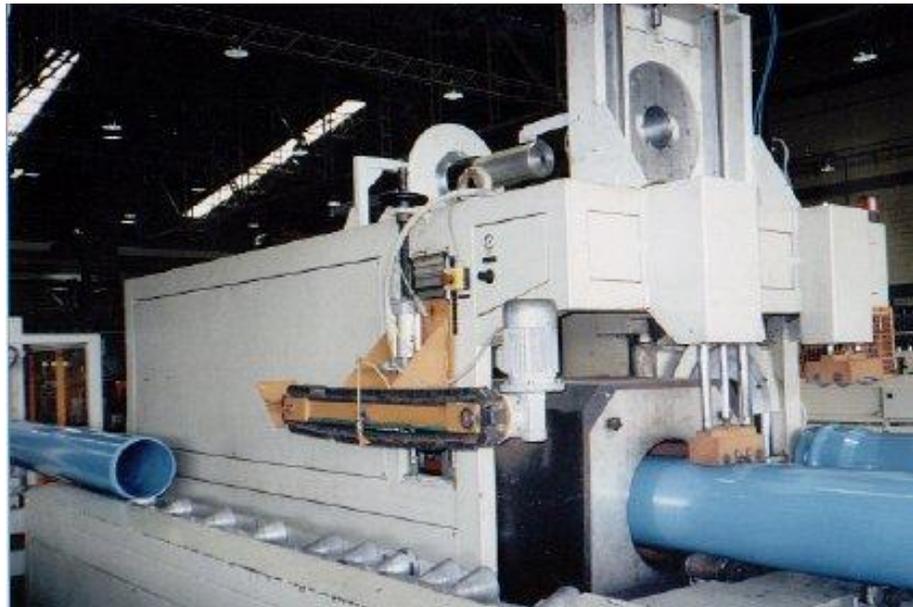


Figura 1.2.1.1 Máquina Campaneadora IPM 500

Este proceso básicamente es el siguiente: el tubo terminado es colocado en la entrada de la máquina campaneadora, una vez que el tubo entra es prensado y un horno de resistencias eléctricas móvil se extiende cierta distancia y calienta la punta del tubo durante un período de tiempo determinado. Esto con la intención de suavizar el plástico con la finalidad de poder moldearlo. Después de cierto tiempo se retrae el horno y una vez que el horno se encuentra totalmente retraído, se traslada el tubo rápidamente a la estación de campaneado en donde un mandril metálico se encarga de darle la forma de campana al tubo. En esta etapa el tubo es prensado nuevamente y entonces el mandril comienza a moverse muy despacio hacia el tubo, todo está

alineado de tal forma que el mandril se introduce en el tubo, dado que la punta del tubo fue calentada con anterioridad, el plástico se amolda con facilidad a la forma del mandril. Finalmente se enfría el extremo del tubo y el mandril se retrae (**figura 1.2.1.2**)

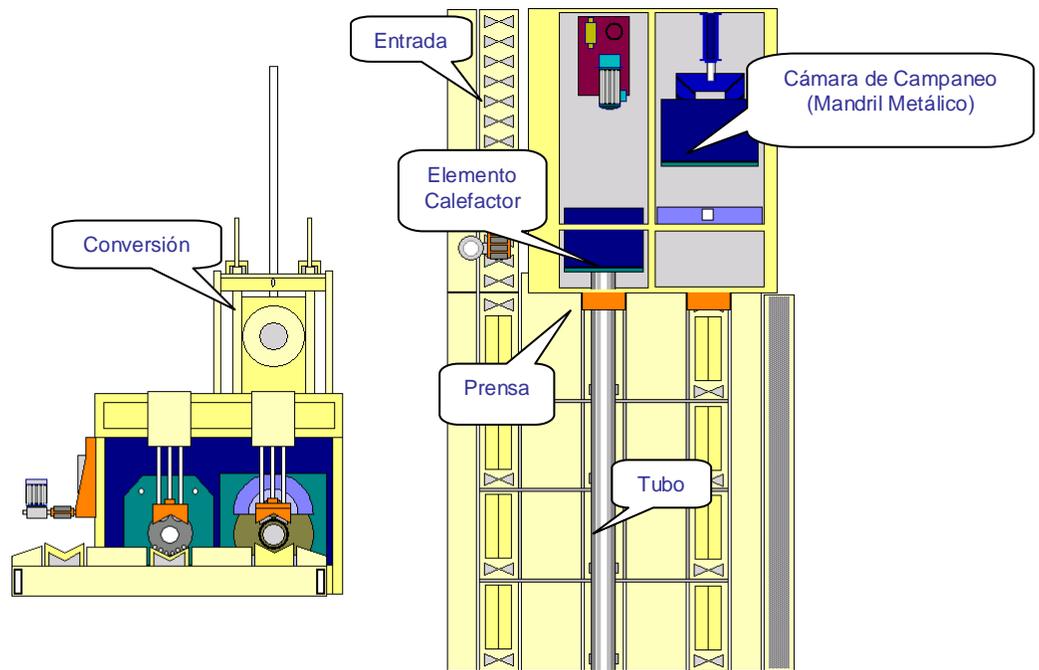


Figura 1.2.1.2 Vista frontal y superior de una Máquina Campaneadora IPM 500.

La tecnología tradicional de acople en tuberías consiste en empatar un extremo campaneado con un extremo normal de otro tubo y se pega con pegamento para PVC. Sin embargo se ha llegado a la conclusión de que este método de acoplamiento no es ideal debido a la tendencia a crear fugas debidas a la presión. Entonces labores de investigación llevaron a lo que se conoce como el sistema RIEBER (Junta Integrada), el cual consiste básicamente en un campaneado especial de los tubos, donde se incorpora un empaque metálico revestido de hule, esto permite el acople entre tubos sin necesidad de pegamento, esto es, acoplando los dos extremos mediante presión (**figura 1.2.1.3 y 1.2.1.4**)

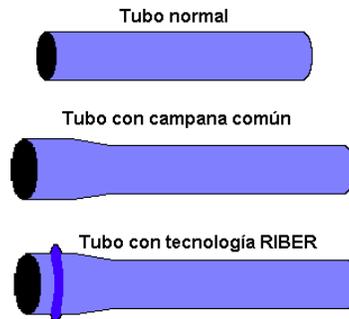


Figura 1.2.1.3 Comparación entre Acabados de Tubo



Figura 1.2.1.4 Tubo Campaneado con Junta Integrada.

En la actualidad la mayoría de las máquinas campaneadoras fueron diseñadas para realizar campaneado sin empaque, por lo que se hace necesario realizar una conversión en dichas máquinas (*figura 1.2.1.2 y 1.2.1.5*), para que además de efectuar la secuencia original también sean capaces de cargar el empaque en el mandril y crear la campana con el empaque anular incorporado. La conversión de las máquinas campaneadoras tradicionales ya ha sido realizada con anterioridad para la

empresa HULTEC, cuya principal actividad es la fabricación y venta de diversos empaques anulares.

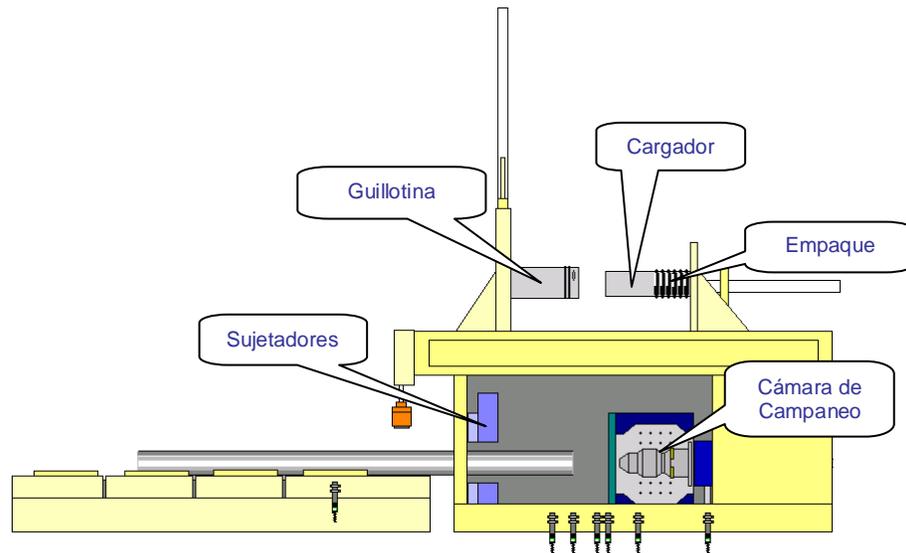


Figura 1.2.1.5 Vista Lateral de la Máquina Campaneadora IPM 500

Las dificultades actuales en estas máquinas surgen durante la puesta en marcha, o sea cuando se realizan las pruebas al sistema de control. Adicionalmente, dado que la mayoría de ellas se encuentran en el exterior y es sumamente costoso para cualquier empresa enviar a un Ingeniero para realizar las pruebas de campo necesarias, ya que generalmente esto puede tomar varios días, e inclusive semanas. Otra desventaja se presenta cuando surgen errores de programación o diseño no previstos porque se dificulta resolverlos en la planta por el nivel de ruido imperante, y también porque a veces no se cuenta con el equipo necesario y adicionalmente la presión constante de la línea de producción de la planta está siempre presente.

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollo de un prototipo de monitoreo y control universal, capaz de controlar o simular el proceso de campaneado de una máquina campaneadora IPM BA500.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Estudio del software de visualización InTouch.
2. Estudio de programación en escalera y operación de un PLC.
3. Estudio del software InControl.
4. Estudio de los diagramas mecánicos de una campaneadora IPM BA500.
5. Desarrollo de las pantallas de visualización en InTouch.
6. Definición de las variables de entrada y salida necesarias para realizar la programación.
7. Estudio de la secuencia de operación del proceso de campaneado y carga de empaque.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

2.1 Estudio del problema a resolver

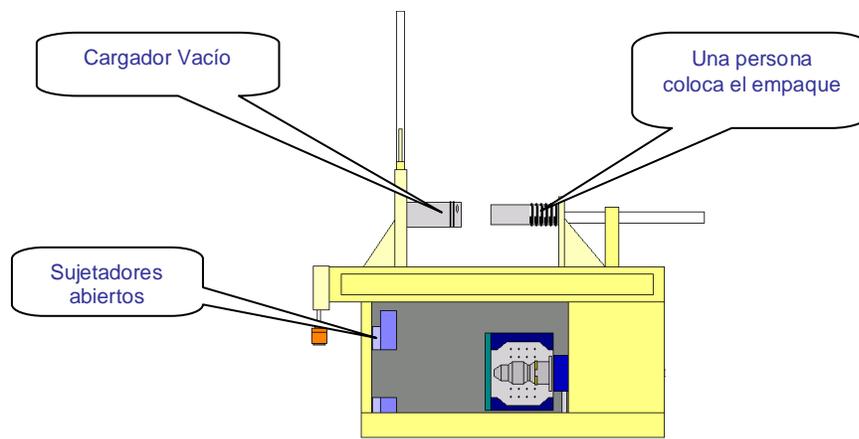
Este proyecto consiste en el desarrollo de un prototipo programado capaz de controlar la secuencia en tiempo real de una máquina campaneadora IPM BA500 con conversión para junta Integrada, dicha secuencia es mostrada con un formato de visualización en donde es posible observar cada una de las etapas involucradas durante el proceso de campaneado de un tubo PVC en forma detallada con el fin de depurar un programa de control destinado a la conversión de la máquina.

Se pretende también, se pretende que con este prototipo se logre controlar una máquina campaneadora con un software vía PC, en donde la visualización y manipulación de datos sean mucho más amigables y, además se pueda realizar el control y monitoreo en forma remota.

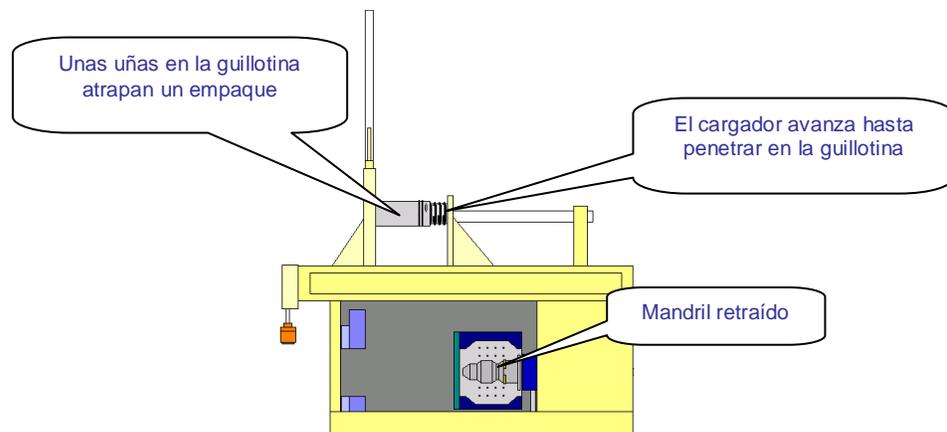
Y estandarizar el proceso de control en un programa de software, pues usualmente para realizar el control de estas máquinas se recurre al empleo de PLC's de diversos fabricantes, y por lo general existen incompatibilidades entre las interfaces de I/O entre PLC's.

La secuencia original del proceso de campaneado en una IPM BA 500 se puede dividir en cuatro etapas: recepción, calentamiento, traspaso y campaneado, para las cuáles la máquina ya posee un programa de control vía PLC. No obstante, para la secuencia de carga de empaques (conversión) se requiere implementar el sistema de control y acoplarlo al sistema de control principal. Esta es, por tanto, la etapa a la cuál se le dio mayor atención en este proyecto.

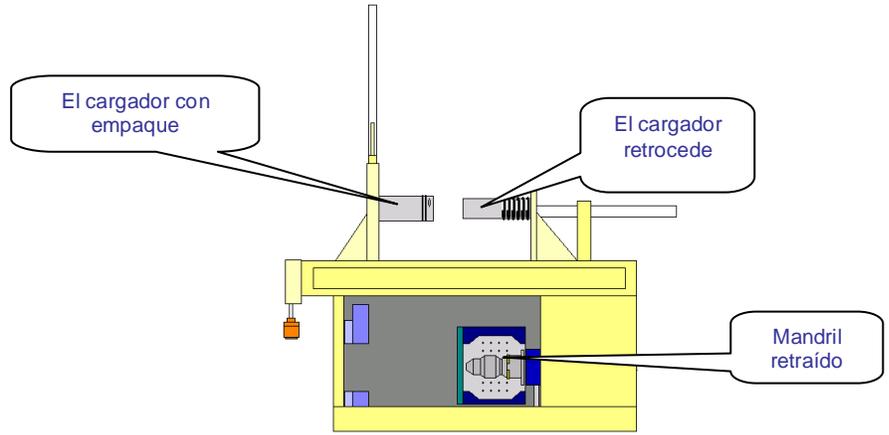
Con el fin de ilustrar mejor la secuencia de la conversión se mostrará gráficamente los pasos involucrados en la carga de un empaque en la siguiente figura:



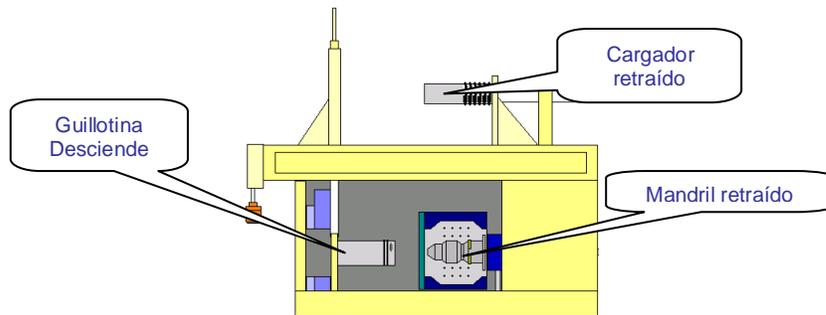
Paso 1



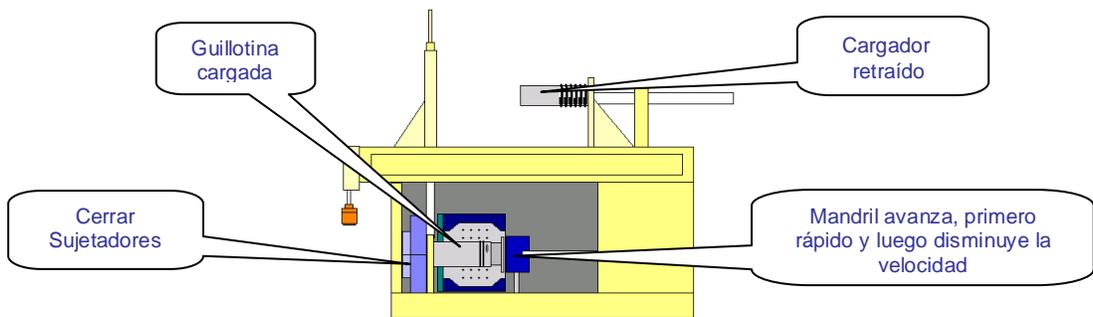
Paso 2



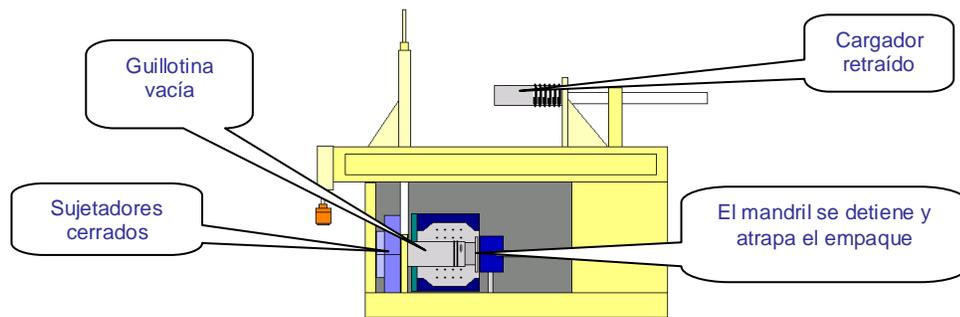
Paso 3



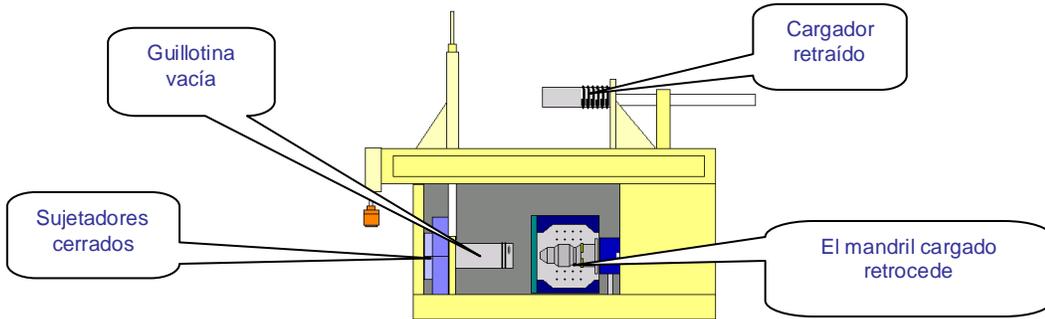
Paso 4



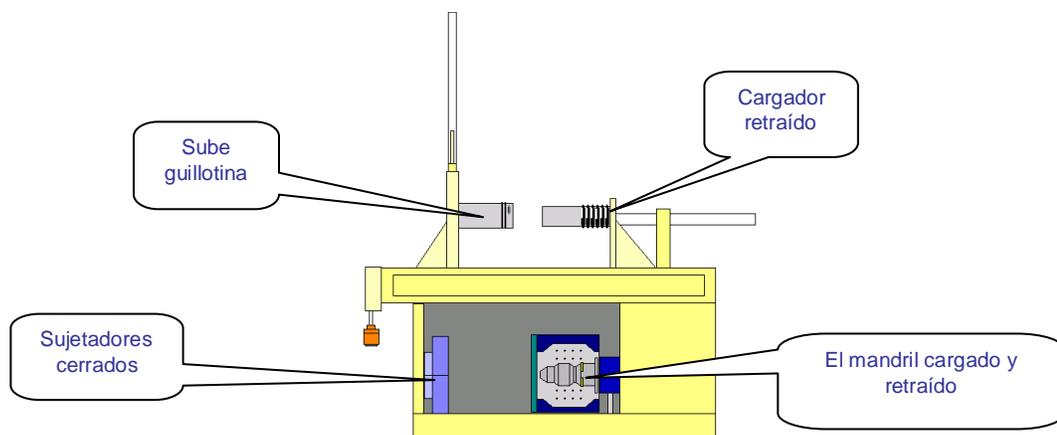
Paso 5



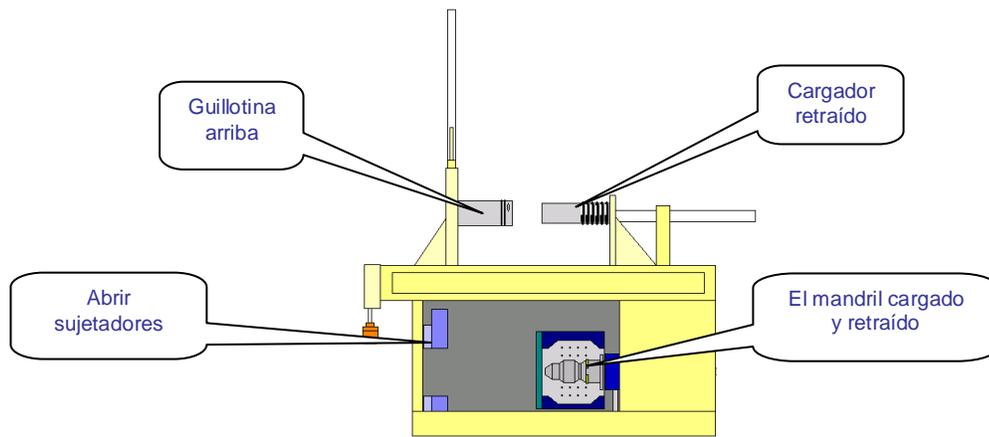
Paso 6



Paso 7



Paso 8



Paso 9

Figura 2.1.1.1 Secuencia de pasos para carga un empaque

Al finalizar la secuencia descrita anteriormente se inicia la etapa de campaneó, cuando termina dicha etapa el mandril se encuentra descargado y retraído, en este momento puede iniciar de nuevo la secuencia de campaneó.

2.2 Requerimientos de la empresa

La empresa nacional HULTEC emprendió un proyecto cuyo fin era lograr implementar una modificación en las máquinas campaneadoras comunes para incorporarles un tipo de campaneado que requiere de empaque.

Este proyecto es complejo, y requirió un trabajo de equipo multidisciplinario, siendo la automatización del nuevo proceso de campaneado, la tarea que AICA (Automatización Industrial de Centroamérica S.A.) debe resolver satisfactoriamente. A este proyecto se le denominó Proyecto de Conversión.

Con el fin de efectuar la conversión, el equipo de ingenieros de HULTEC diseñó un sistema que se colocaría exactamente arriba de la cámara de campaneado y el cual, como se mencionó con anterioridad, se le solicitó a AICA que automatizara el nuevo proceso siguiendo una secuencia predeterminada: Primero, colocar los empaques en un cargador cilíndrico. Luego este cilindro se desplaza hasta ingresar en un cascarón cilíndrico que posee unas uñas; el cargador ingresa hasta donde se lo permite, el movimiento del cargador es una acción neumática que no posee mucha fuerza. Luego se detiene por un momento y retrocede. En este instante las uñas del cilindro toroidal atrapan el empaque.

A este cilindro toroidal se le denomina guillotina. Una vez que el empaque está cargado en la guillotina, esta empieza a descender hasta situarse al mismo nivel del mandril, el cual avanza lentamente hasta ingresar en el cargador, capturando el empaque y retrocediendo. Después la guillotina vuelve a su posición original y se puede seguir con la secuencia normal de campaneado.

Durante la realización de un proyecto de conversión en Tailandia surgió la necesidad de crear una forma de simular la secuencia de control y su interacción con la máquina campaneadora, puesto que esta máquina se encontraba en el extranjero y no fue posible realizar las pruebas de campo pertinentes. Se implementó en un programa de visualización una serie de animaciones gobernadas por el PLC con el fin de seguir la ejecución del programa de control en forma visual, pero con la desventaja de que no era posible simular las acciones de los diferentes dispositivos de una campaneadora como el tiempo de respuesta de las válvulas hidráulicas y neumáticas, el accionamiento de sensores, entre otros. Era necesario recrear en forma manual todo el proceso, que por demás es tedioso y requiere demasiado tiempo.

2.3 Solución propuesta

La solución planteada por la empresa fue desarrollar el prototipo mediante la utilización de dos programas, InControl e InTouch; los cuáles han sido desarrollados por WonderWare.

La integración de estos dos productos de software en este proyecto, se muestra en la siguiente figura:

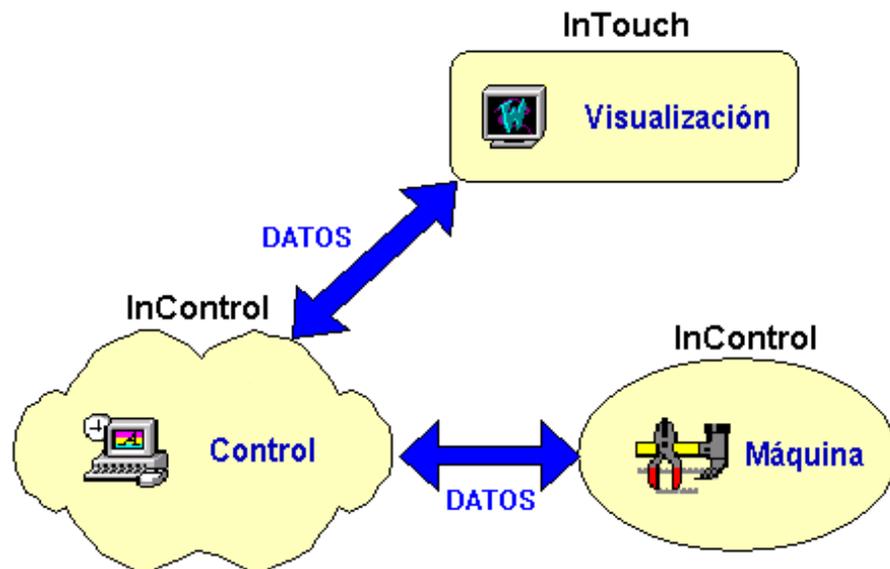


Figura 2.3.1.1 Diagrama de interacción entre InTouch e InControl

Las pantallas de visualización se desarrollaron con InTouch, en las cuales se puede observar mediante una serie de animaciones todo el proceso de campaneo; accionamiento de los actuadores, motores y sensores (*figura 2.3.1.2*)

Además, se puede modificar desde aquí parámetros de control como el tiempo de calentamiento, el tiempo de enfriamiento. Así como también el monitoreo del estado de los parámetros involucrados en el proceso de campaneo como alarmas, eventos y gráficas de temperatura del horno y del mandril. Para facilitar aún más su utilización se crearon pantallas de ayuda.

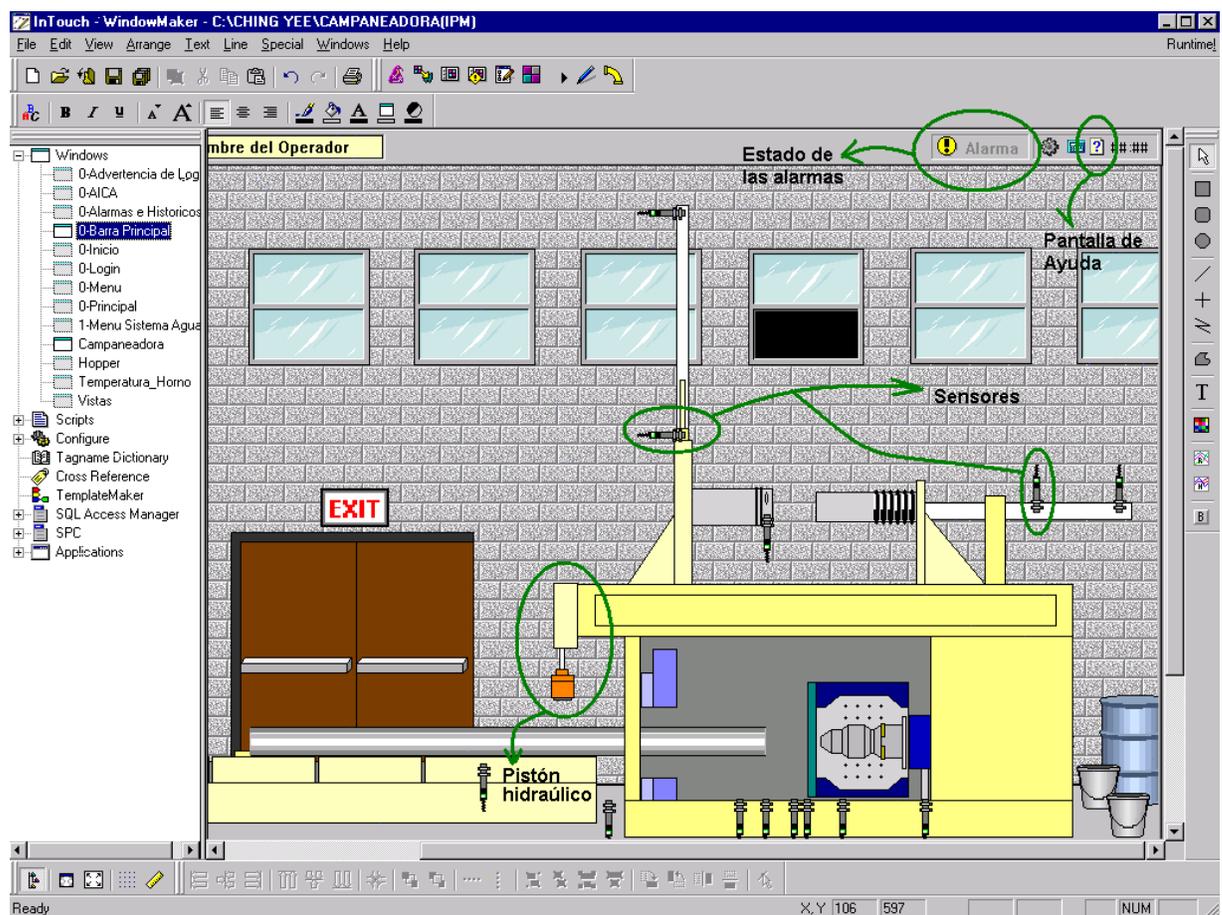


Figura 2.3.1.2 Pantalla de Visualización

Mediante InControl se implementa la simulación del funcionamiento de la máquina, esto es, recrear en tiempo real dispositivos como sensores, pistones, motores, entre otros. Cada uno de estos elementos se programan como bloques de funciones que serán utilizados en su momento por un programa principal (*figura 2.3.1.3*)

El control del proceso de campaneado se realizará desde InControl. Se utilizará la programación en SFC (Sequential Function Chart), la cual permite crear un programa con diagramas de bloques, en donde se evalúan variables para determinar si se procede a ejecutar la siguiente acción (*figura 2.3.1.3*)

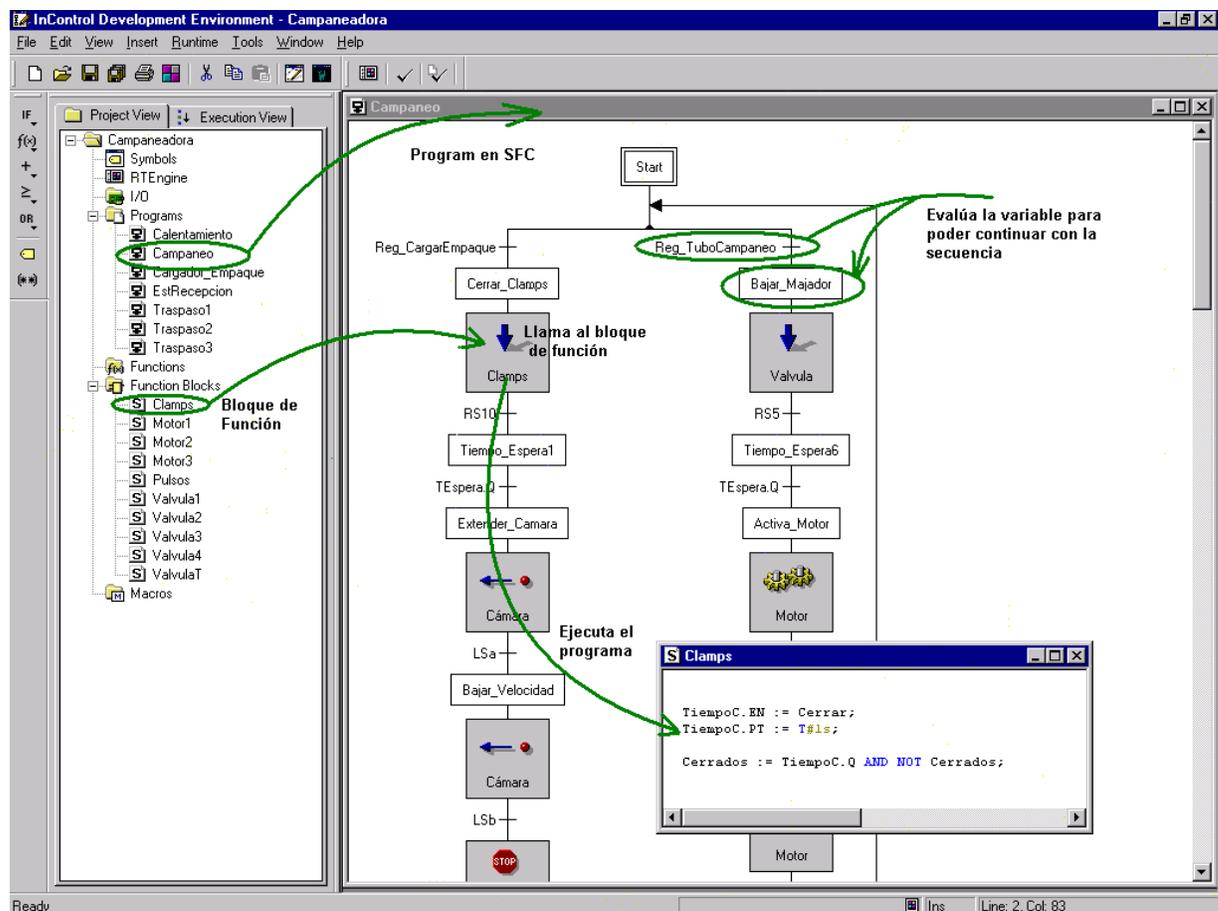


Figura 2.3.1.3 Bloque de Función y programa en SFC

CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Las actividades realizadas hasta la fecha, con fin de cumplir con el objetivo general de este proyecto, fueron:

1. Capacitación en el programa InTouch.
2. Capacitación en el programa InControl.
3. Estudio de los fundamentos de la programación en escalera y la operación de un PLC.
4. Estudio de los planos mecánicos.
5. Estudio de los planos eléctricos.
6. Estudio de la secuencia de control.
7. Creación de las pantallas en InTouch.
8. Creación de las animaciones en InTouch.
9. Programación del control y la simulación en InControl.
10. Crear vínculos entre InTouch e InControl.

Para las dos primeras actividades se dispuso del manual de entrenamiento y una PC para de realizar una serie de prácticas contenidas a lo largo de ambos manuales. Además, se contó con algunos programas de demostración y aplicaciones desarrolladas con anterioridad (para el caso de InTouch), que permitieron visualizar los alcances de estos programas.

En la tercera actividad se contó con el MicroMentor, este es un manual introductorio sobre el funcionamiento, programación y aplicaciones en la industria de los PLC. Esta actividad tuvo como propósito proporcionar una visión general de la operación de un PLC para facilitar el estudio del programa de control de una campaneadora.

El estudio de los planos mecánicos permitió establecer las animaciones y los dibujos que deben realizarse en InTouch. Este estudio también involucró la búsqueda

de información referente a diferentes tipos de actuadores, sensores y motores en manuales y en Internet.

Tanto el estudio de los planos eléctricos como el estudio de la secuencia de control permitieron definir las variables de salida y entrada a controlar durante el proceso de campaneado con el fin de desarrollar el programa en InControl. Para esto fue necesario primero haber adquirido los conocimientos acerca de la programación en escalera.

Además, fue posible contar con la ayuda y la experiencia de un técnico de HULTEC especializado en máquinas campaneadoras de este tipo.

Durante la creación de las pantallas en InTouch se definió cada una de las partes que llevan animación, además de la creación de las pantallas de visualización de alarmas, eventos, ayuda y gráficos de temperatura.

Durante la programación en InTouch se realizaron las animaciones de los sensores, los actuadores y motores.

Por último se programó el control de las diferentes etapas que involucran el campaneado de un tubo PVC: recepción, calentamiento, campaneado, traspaso y carga de empaque.

Para el desarrollo de esta actividad se dispuso de los diagramas SFC generados a partir del estudio de la secuencia de campaneado y los planos eléctricos de la máquina (apéndice 1)

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO

Para el desarrollo de este proyecto y debido a lo robusto de los programas de software utilizados fue necesario disponer de una computadora con los siguientes requerimientos:

- Procesador Pentium de 200MHz
- 128 MB de memoria RAM
- 10 GB de disco duro
- Unidad CD-ROM
- Sistema Operativo Windows NT (Service Pack 5)
- Monitor VGA 800 x 600 de resolución

CAPÍTULO 5
DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

5.1 InControl

InControl, es un programa de software diseñado para ejecutar y monitorear control de procesos en tiempo real. Este software incluye lenguajes de programación como RLL (Relay Ladder Logic), SFC (Sequential Function Chart) y ST (Structured Text) para proveer a los usuarios capacidades comparables a un PLC, en cuanto a programación y desarrollo de un programa de control de proceso industrial.

Escalera

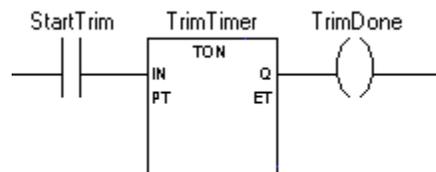


Figura 5.1.1.1 Lenguaje de programación en escalera.

SFC

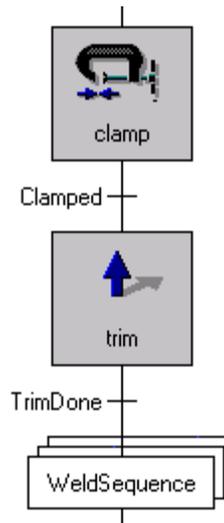
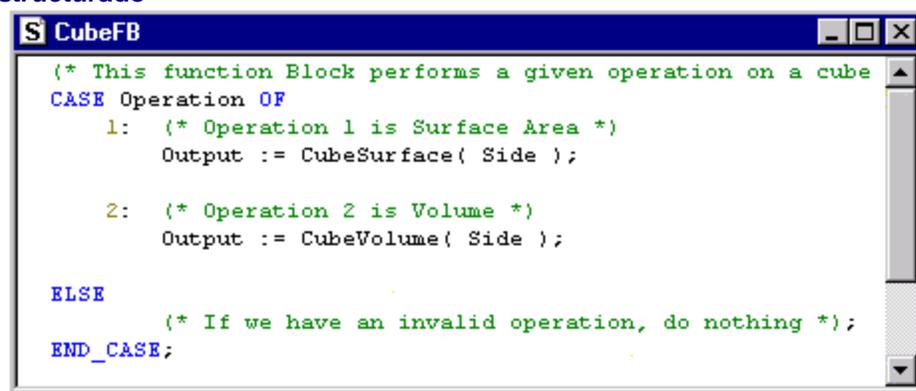


Figura 5.1.1.2 Lenguaje de programación en SFC

Texto Estructurado



```

S CubeFB
(* This function Block performs a given operation on a cube
CASE Operation OF
  1: (* Operation 1 is Surface Area *)
    Output := CubeSurface( Side );

  2: (* Operation 2 is Volume *)
    Output := CubeVolume( Side );

ELSE
  (* If we have an invalid operation, do nothing *);
END_CASE;
```

Figura 5.1.1.3 Lenguajes de programación en Texto Estructurado

InControl, posee la capacidad de manejar diferentes interfaces de hardware para ejecutar el control de una máquina campaneadora realizando cambios mínimos en el hardware; dichas interfaces se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1 Soporte de Interfaces de InControl

Modelo	Protocolo
AB 1784 KTX (Allen Bradley)	Allen-Bradley KTX
IBS PC CB/I-T (Phoenix Contact)	Interbus-S
SC/I-T (Phoenix Contact)	Interbus-S
5136-DN (SST)	DeviceNet
5136-PFB (SST)	Profibus
CIF30-DPM (Synergetic)	Profibus
IC693PIF300A (GE)	90/30 I/O
IC660ELB912G (GE)	Genius
IC660ELB906R (GE)	Genius
AC28 (Opto22)	Pamux
PCDIO-XX (Industrial Computer Source)	TTL
SDS-CIPC-ST (Honeywell)	SDS

5.2 InTouch

InTouch, es un software creado con el fin de facilitar la interfaz humano-máquina, mediante el empleo de gráficos animados que permiten la visualización en forma gráfica de un proceso industrial.

Este software está dividido en tres subprogramas: Application Manager, Window Maker y Window Viewer.

El "Application Manager" es una herramienta para organizar las aplicaciones creadas. También puede ser configurado en Windows NT para ser utilizado como un servicio del Window Viewer.

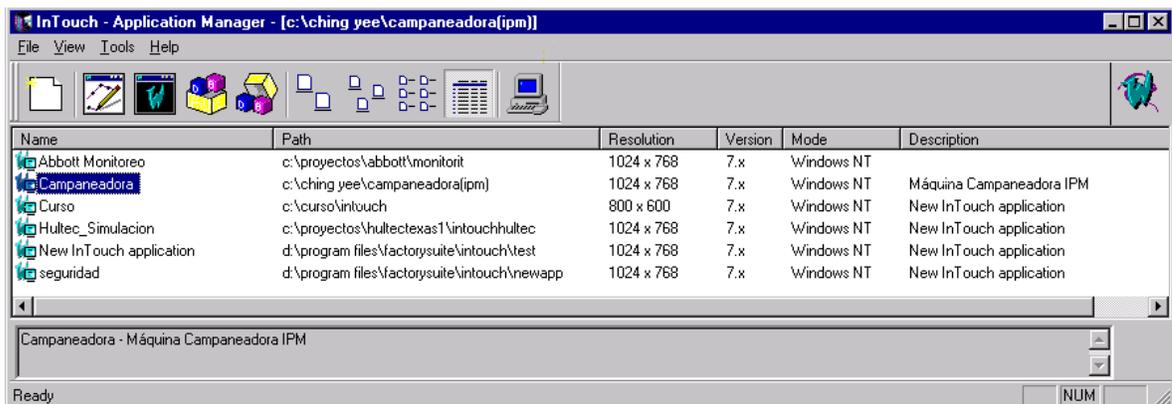


Figura 5.2.1.1 Application Manager de InTouch

El "Window Viewer" es el ambiente de software en donde se visualiza los gráficos y animaciones creadas con el "Window Maker"

El “Window Maker” es el ambiente de desarrollo. Aquí se crean los gráficos y las animaciones. Puede ser conectado a sistemas industriales de I/O e inclusive con otras aplicaciones de Windows como Excel.

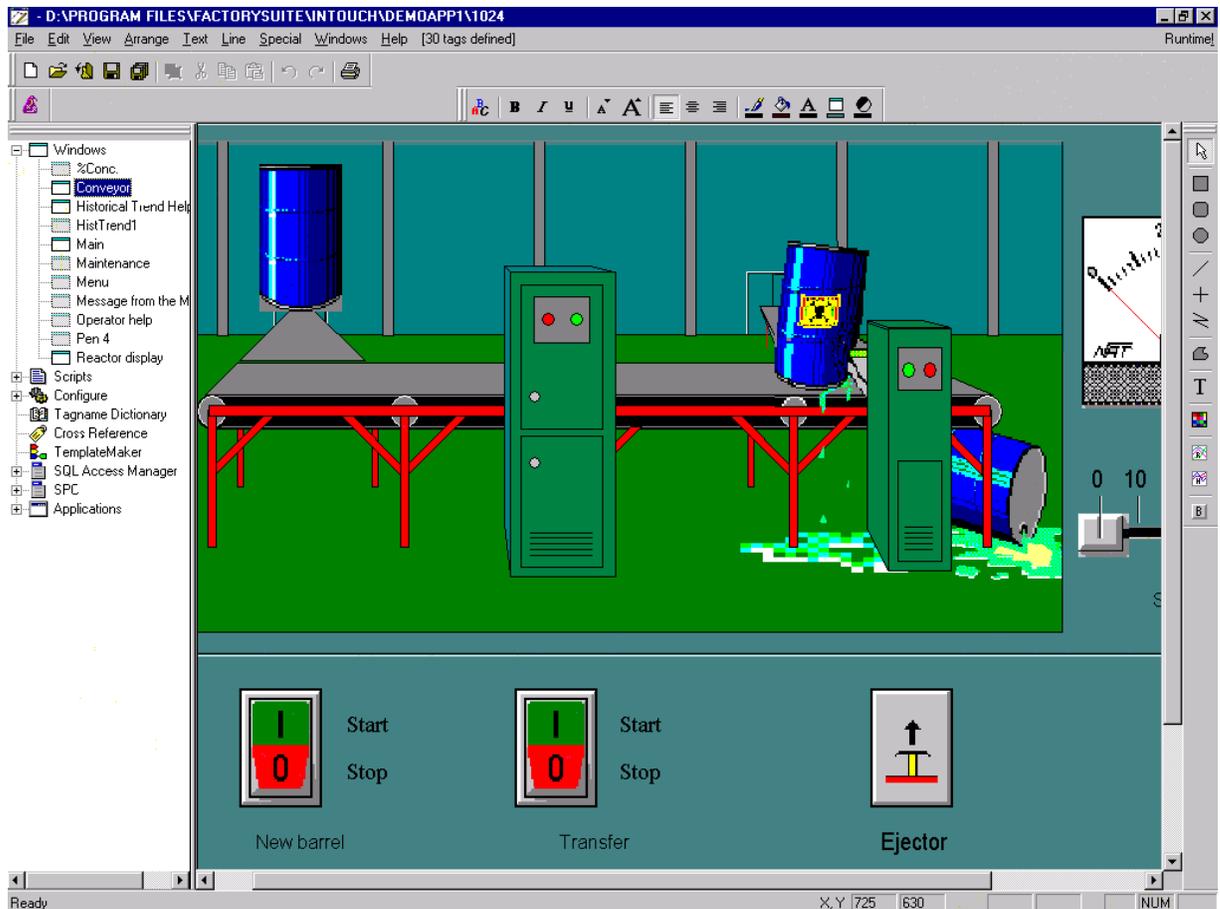


Figura 5.2.1.2 Window Maker de InTouch

Tanto InControl como InTouch incorporan lo último en estándares internacionales para el diseño de soluciones de automatización. Ambos son compatibles con la especificación internacional para lenguajes de programación IEC-16131-3.²

Ambos programas fueron creados para el desarrollo de proyectos bajo plataforma Windows NT e inclusive Windows CE. Se puede observar con más detalle en la siguiente figura.

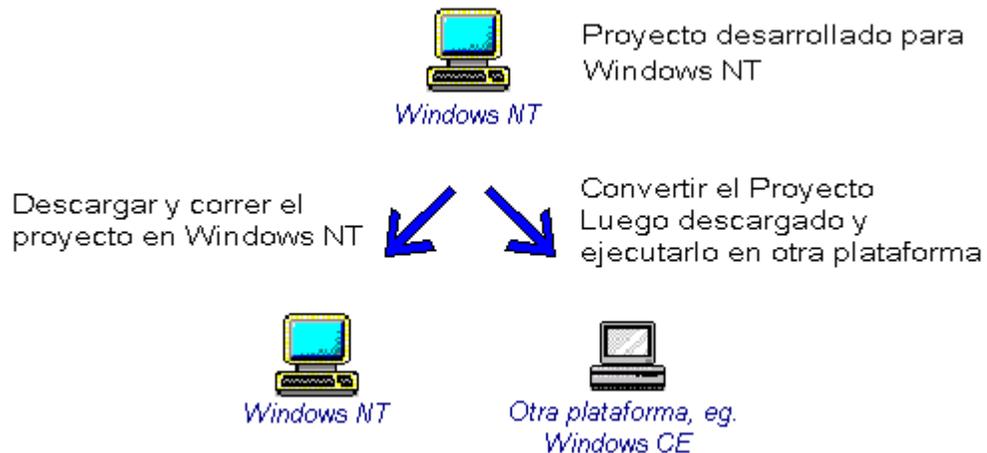


Figura 5.2.1.3 Sistemas operativos soportados por InControl e InTouch

² Ver apéndice 2

CAPÍTULO 6
ANÁLISIS Y RESULTADOS

6.1 Explicación del diseño de control

El programa de control dispone de dos modos de operación: el modo de operación manual y el modo de operación automático. Estos pueden ser seleccionados desde el panel de control (*figura 6.1.1.1.*)

6.1.1. Modos de operación

a. En modo manual

El operador podrá ejecutar cualquier acción siempre y cuando se cumplan los enclavamientos³ para cada acción. Este modo se utiliza principalmente cuando se ha originado un paro de emergencia y se requiere reinicializar la operación automática. Permite colocar manualmente la máquina a su estado de reposo antes de reiniciar el proceso de campaneó.

b. En automático

Ejecuta todo el proceso de campaneó sin la intervención del operador. La secuencia automática se muestra gráficamente, mediante la utilización de SFC, ver apéndice 1.

³ Condiciones necesarias para realizar una acción determinada



Figura 6.1.1.1 Panel de control para el sistema de control de una IPM BA500

6.1.2. Reset

Restaura el sistema a su estado original. Reinicializa todas las variables del sistema de control.

6.1.3. Paro de emergencia

Si ocurre una emergencia (emergency stop button = 1) Todas las acciones que estaban ejecutándose hasta el momento se detendrán instantáneamente. Para restablecer el proceso es necesario:

1. La condición debe ser restaurada (emergency stop button = 0),
2. Para reiniciar la operación automática desde el principio, es necesario estar en modo manual para colocar la máquina a su estado de reposo. Y luego seleccionar el modo automático.

6.1.4. Especificaciones Generales

1. Si no está seleccionado el modo manual o el modo automático la máquina permanece en reposo hasta que ingrese a uno de los modos.
2. El cargador realiza tres intentos de cargar el empaque en la guillotina después del primer intento fallido, si después de realizado los tres intentos aún no se ha cargado el empaque se origina una señal de alarma.

6.1.5. Sensores

Tabla 2 Descripción de los sensores involucrados en el proceso de campaneo

FS1	Tubo en la entrada de la estación de recepción
FS2	Tubo en la estación de recepción. Listo para calentar
PS1	Ubica el tubo en posición para el calentamiento
RSa	Transportador vertical de la estación de recepción arriba
FS3	Tubo en la estación de calentamiento
RS1	Prensa de la estación de calentamiento retraída (Arriba)
RS2	Horno retraído (Atrás)
RS3	Horno a media carrera
RS4	Horno extendido (Adelante)
RS1	Prensa de la estación de calentamiento retraída (Arriba)
FS3	Tubo en la estación de calentamiento
RSb	Transportador vertical de la estación de calentamiento arriba
RS5	Prensa de la estación de campaneo retraída (arriba)
RS6	Guillotina arriba
RS7	Guillotina abajo
RS8	Cargador (Magazine) extendido
RS9	Cargador retraído
RS10	Sujetadores (Clamps) cerrados
RSc	Transportador vertical de la estación de campaneo arriba
FS4	Tubo en la estación de campaneo
FS5	Empaque cargado en la guillotina
FS6	Baja la velocidad del tubo
FS7	Detiene el tubo
LS1	Mandril retraído (Atrás)
Lsa	Baja la velocidad del mandril
LSb	Detiene le mandril para carga de empaque
LS2	Mandril extendido para campear (Adelante)

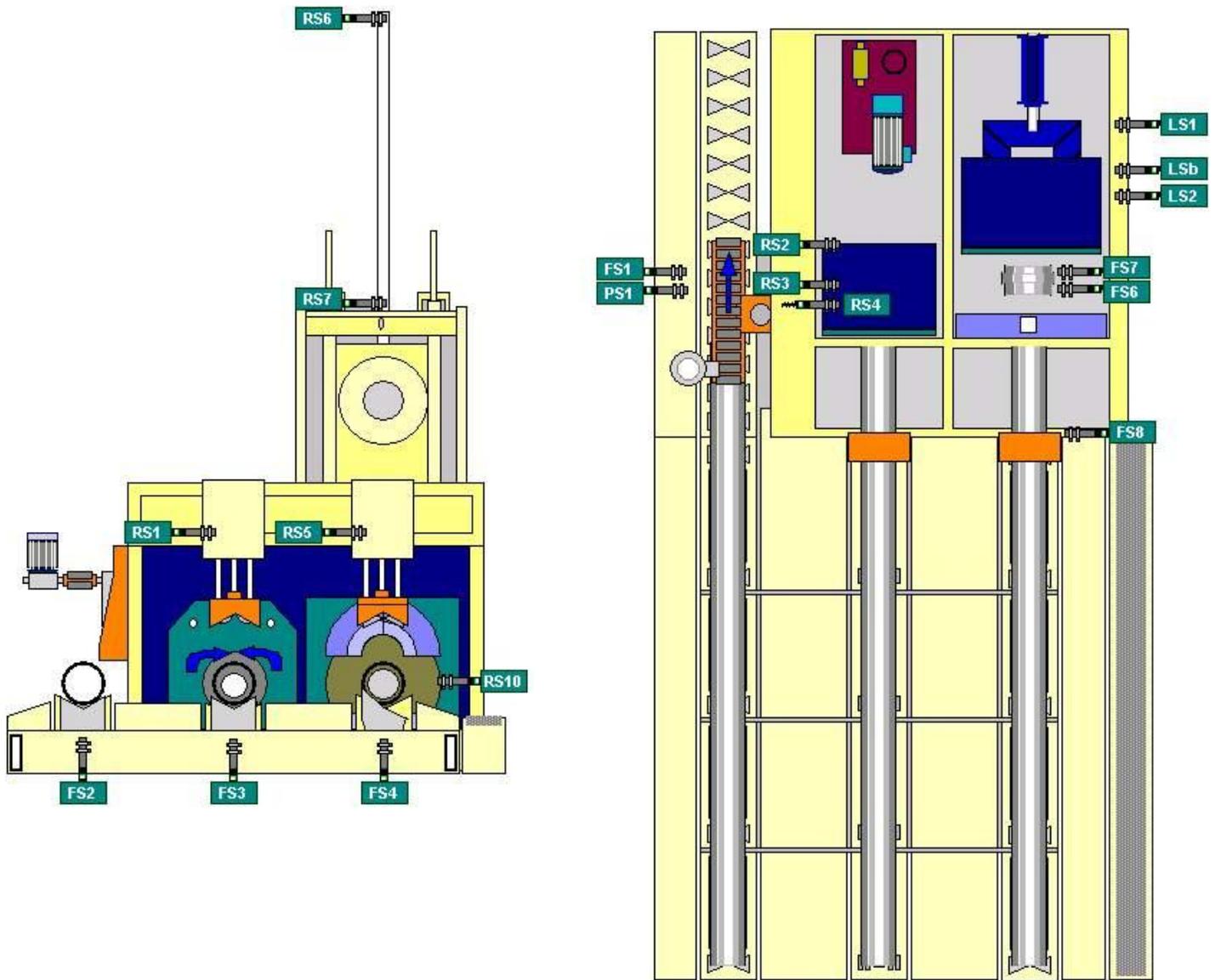


Figura 6.1.5.1 Ubicación de los sensores en la Máquina Campaneadora

6.1.6. Parámetros

El sistema permite modificar algunos de los parámetros más importantes involucrados en el proceso de campaneo de un tubo. Estos parámetros se muestran en la siguiente figura:



Parámetros	
Tiempo de Limpieza	T#5s
Tiempo Calentamiento I	T#5s
Tiempo Calentamiento II	T#10s
Tiempo Giro	T#1s
Tiempo Presión	T#2s
Tiempo Enfriamiento	T#2s

✓ Aceptar

Figura 6.1.6.1 Parámetros del sistema de control para una IPM BA500

6.1.7. Condiciones para la operación automática

a. Recepción

Para ingresar el tubo a la estación de recepción se debe cumplir lo siguiente:

- Tubo en la entrada de la estación de recepción (FS1 encendido)
- No hay tubo en la estación de recepción (FS2 apagado)
- Transportador arriba

b. Calentamiento

Para iniciar la secuencia de calentamiento del tubo es necesario cumplir con las siguientes condiciones:

- Horno retraído (RS2 encendido, RS3 y RS4 apagados)
- Tubo en la estación de calentamiento (FS3 encendido)
- Prensa de la estación de calentamiento retraída (RS1 encendido)

c. Campaneo

Para iniciar la secuencia de campaneo es necesario cumplir con las siguientes condiciones:

- Guillotina arriba (RS6 encendido, RS7 apagado)
- Mandril retraído (LS1 encendido, LSa, LSb y LS2 apagados)
- Tubo en posición de campaneo (FS8, FS6 y FS7 encendidos)
- Sujetadores cerrados (RS10 encendido)
- Prensa de estación de campaneo abajo (RS5 apagado)
- Tubo en estación de campaneo (FS3 encendido)

d. Carga de empaque

Para cargar un empaque en la guillotina es necesario cumplir con las siguientes condiciones:

- No hay empaque cargado en la guillotina (FS5 encendido)
- Guillotina arriba (RS6 encendido y RS7 apagado)
- Cargador retraído (RS9 encendido y RS8 apagado)

Para cargar un empaque en el mandril es necesario cumplir con las siguientes condiciones:

- Mandril retraído (LS1 encendido, LSa, LSb y LS2 apagados)
- Empaque cargado en la guillotina (FS5 Apagado)
- Guillotina arriba (RS6 encendido y RS7 apagado)
- Cargador retraído (RS9 encendido y RS8 apagado)
- No hay tubo en la estación de campaneó (FS3 apagado)
- No hay empaque en el mandril (registro interno)
- Sujetadores cerrados (RS10 encendido)

e. Traspaso de tubo a la estación de calentamiento

Para traspasar el tubo de la estación de recepción a la estación de calentamiento se debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Hay tubo en la estación de recepción (FS2 encendido)
- Transportador vertical de la estación de recepción abajo (RSa apagado)
- Transportador vertical de la estación de calentamiento abajo (RSb apagado)
- Transportador horizontal retraído (RS6T encendido)
- No hay tubo en la estación de calentamiento (FS3 apagado)
- Horno retraído (RS2 encendido, RS3 y RS4 apagados)
- Prensa de la estación de calentamiento retraído (RS1 encendido)

f. Traspaso de tubo a la estación de campaneó

Para traspasar el tubo de la estación de calentamiento a la estación de campaneó se debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Hay tubo en la estación de calentamiento (FS3 encendido)
- Transportador vertical de la estación de calentamiento abajo (RSb apagado)
- Transportador vertical de la estación de campaneó abajo (RSc apagado)
- Transportador horizontal retraído (RS6T encendido)
- Guillotina arriba (RS6 encendido, RS7 apagado)
- Mandril retraído (LS1 encendido, LSa, LSb y LS2 apagados)
- Sujetadores abiertos (RS10 apagado)
- Prensa de estación de campaneó arriba (RS5 encendido)
- No hay tubo en la estación de campaneó (FS4 apagado)
- Horno retraído (RS2 encendido, RS3 y RS4 apagados)
- Prensa de la estación de calentamiento arriba (RS1 encendido)

6.1.8. Enclavamientos para las acciones manuales

a. *Extender el horno (SV7E):*

- No se puede extender más allá del sensor de horno completamente extendido (RS4)
- El horno debe estar retraído (RS2 encendido)

b. *Retraer el horno (SV7R):*

- El horno debe estar extendido (RS3 o RS4 encendidos)
- No se puede retraer más allá del sensor de horno retraído (RS2)

c. *Extender mandril (SV9aE):*

- Mandril retraído (LS1 encendido)
- Guillotina arriba (RS6 encendido)
- No se puede extender más allá del sensor de mandril extendido (LS2)

d. *Retraer mandril (SV9R):*

- Mandril extendido (LS2, LSb o LSa encendidos)
- No se puede retraer más allá del sensor de mandril retraído (LS1)

e. *Bajar guillotina (SV12):*

- Mandril retraído (LS1 encendido)
- Cargador retraído (RS9 encendido)
- No hay tubo en la estación de campaneó (FS4 apagado)

f. *Subir guillotina (SV12):*

- Mandril retraído (LS1 encendido)
- Cargador retraído (RS9 encendido)

g. Extender cargador (SV11):

- Cargador retraído (RS9 encendido)
- Guillotina arriba (RS6 encendido)
- No hay empaque en la guillotina (FS5 encendido)

h. Bajar prensa estación de calentamiento (SV6):

- Horno retraído (RS2 encendido)

i. Bajar prensa estación de campaneado (SV8):

- Mandril retraído (LS1 encendido)
- Sujetadores abiertos (RS10 apagado)
- Guillotina arriba (RS6 encendido)

j. Cerrar sujetadores (SV10):

- Mandril retraído (LS1 encendido)
- Sujetadores abiertos (RS10 apagado)
- Guillotina arriba (RS6 encendido)

k. Abrir sujetadores (SV10):

- Mandril retraído (LS1 encendido)
- Sujetadores cerrados (RS10 encendido)
- Guillotina arriba (RS6 encendido) o Guillotina abajo (RS7 encendido)

Para ejecutar los accionamientos listados anteriormente, es necesario que la máquina se encuentre en modo de operación manual y no se encuentre accionado el paro de emergencia.

6.2 Visualización

Con la finalidad de brindar una forma atractiva y a la vez ofrecerle flexibilidad al sistema de control se crearon varias pantallas de visualización. Estas pantallas permiten observar el comportamiento en tiempo real de la máquina IPM BA500 durante el proceso de campaneado de un tubo, así como su control.

6.2.1. Pantalla Principal

En la pantalla principal se ingresa el nivel de acceso por medio de una clave de seguridad. Donde el administrador del programa posee la más alta prioridad, es decir, tiene la potestad para realizar cambios a los parámetros involucrados en el proceso de campaneado, mientras que el operador posee el menor nivel de acceso.



Figura 6.2.1.1 Pantalla principal. Nivel de acceso de seguridad

6.2.2. Pantalla Visualización de Proceso

La siguiente pantalla permite la visualización del campaneado de un tubo en tiempo real. Además, despliega el número de tubos campaneados; el estado del registro de carga de empaque (empaque cargado en el mandril); el estado de los temporizadores de limpieza del tubo, tiempos de calentamiento, tiempo de presión y tiempo de enfriamiento.

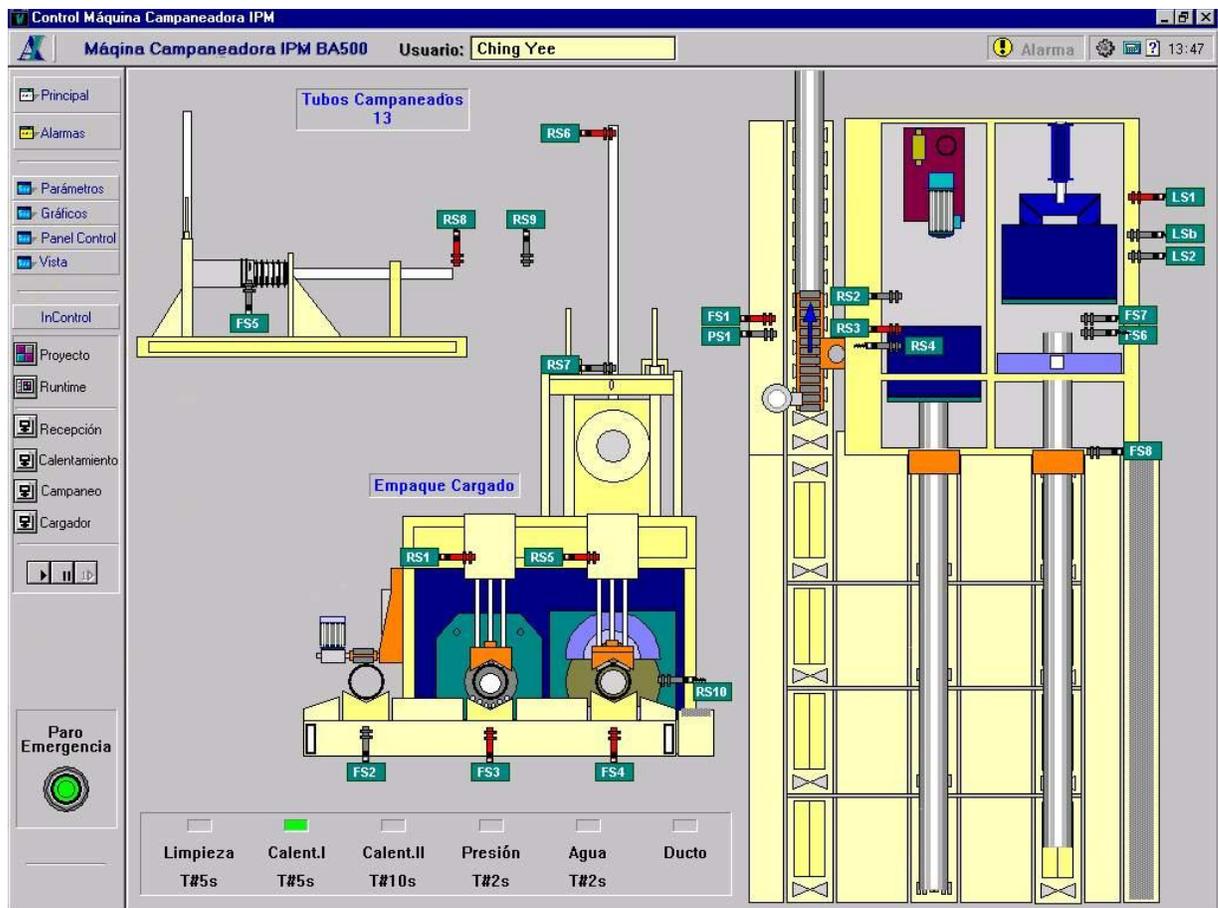


Figura 6.2.2.1 Pantalla de visualización

6.2.3. Pantalla de Estados de las Alarmas

En esta pantalla es posible observar el historial de las alarmas que se hayan presentado durante el proceso de campaneo.

HISTORIAL DE ALARMAS

Date	Time	State	Oper	Cmt
24 May 2001	03:11 PM	UNACK_RTN	Administrator	AccessLevel
24 May 2001	03:11 PM	UNACK_RTN	None	Operator
24 May 2001	03:12 PM	UNACK_RTN	Administrator	System
24 May 2001	03:12 PM	ACK	Administrator	Intento de cargar empaque fallido
24 May 2001	03:12 PM	ACK	Administrator	Intento para cargar empaque fallido
24 May 2001	03:12 PM	ACK_RTN	Administrator	Intento para cargar empaque fallido
24 May 2001	03:12 PM	ACK_RTN	Administrator	Intento de cargar empaque fallido
24 May 2001	03:12 PM	UNACK_RTN	Administrator	NewAlarm
24 May 2001	03:13 PM	UNACK_RTN	Administrator	NewAlarm
24 May 2001	03:13 PM	UNACK	Administrator	Intento para cargar empaque fallido
24 May 2001	03:13 PM	UNACK	Administrator	Intento de cargar empaque fallido
24 May 2001	03:13 PM	UNACK	Administrator	No se cargó el empaque
24 May 2001	03:13 PM	UNACK	Administrator	Intento para cargar empaque fallido
24 May 2001	03:13 PM	UNACK	Administrator	Intento de cargar empaque fallido
24 May 2001	03:13 PM	ACK_RTN	Administrator	No se cargó el empaque
24 May 2001	03:13 PM	UNACK_RTN	Administrator	System
24 May 2001	03:13 PM	ACK	Administrator	Intento de cargar empaque fallido
24 May 2001	03:13 PM	ACK	Administrator	Intento para cargar empaque fallido
24 May 2001	03:15 PM	UNACK	Administrator	Paro de emergencia

Update Successful

Reconocer Alarmas

Figura 6.2.3.1 Pantalla de visualización de alarmas

6.2.4. Gráficos de Temperatura

Gráficos de la variación de temperatura en el horno y en el mandril.

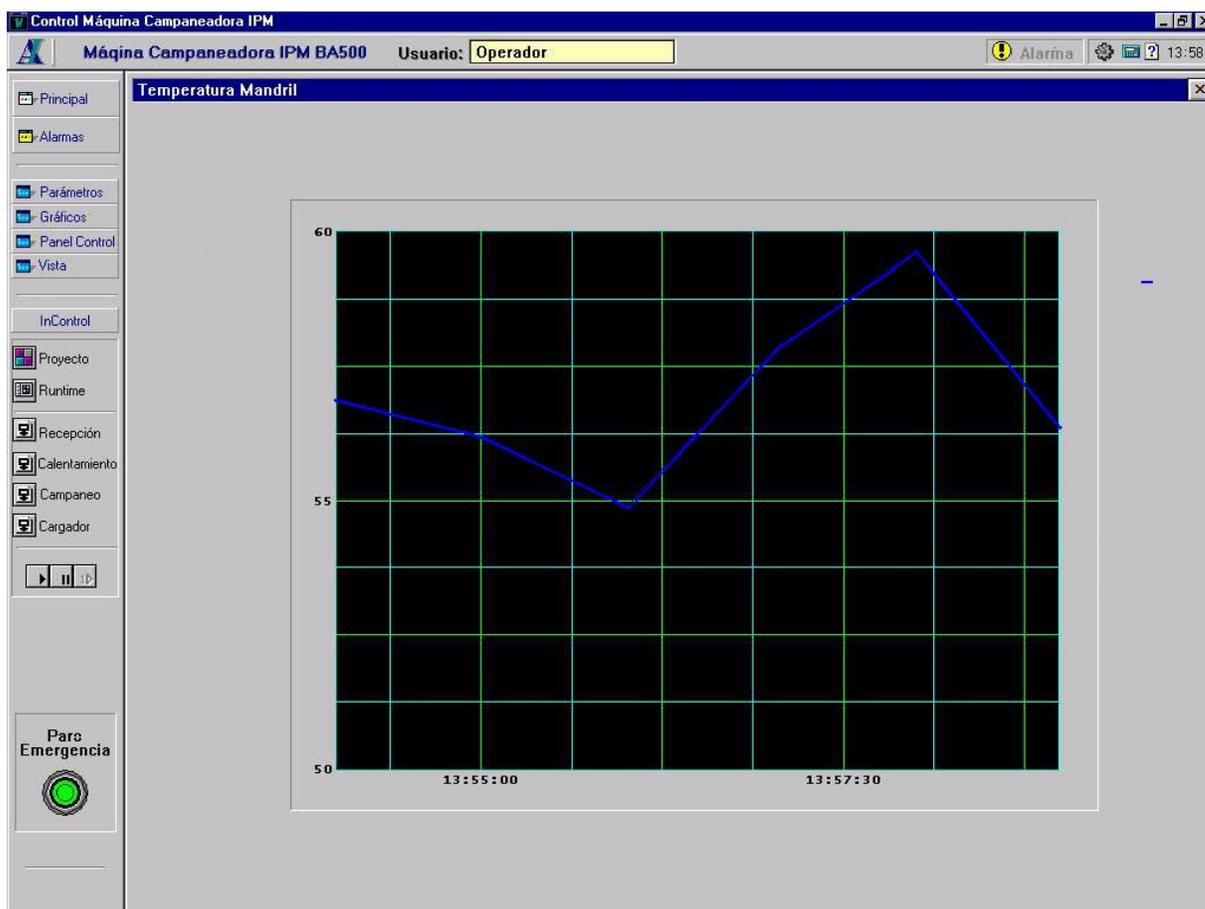
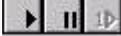


Figura 6.2.4.1 Gráfico de temperatura del mandril

6.2.5. Menú Principal

Tabla 3 Controles del menú principal

 Principal	Acceso directo a la pantalla principal
 Alarmas	Acceso directo a la pantalla de alarmas
 Parámetros	Acceso directo a la pantalla de modificación de parámetros
 Panel Control	Acceso directo al panel de control
 Vista	Acceso directo a la pantalla de visualización
 Gráficos	Acceso directo a la pantalla de gráficos de temperatura
	Permite ejecutar el proyecto de InControl
	Permite realizar cambios al Runtime de InControl
	Abre el editor en una sección específica del programa en InControl
	Permite cambiar el modo de operación del programa en InControl

6.2.6. Barra Principal

Tabla 4 Controles de la barra principal

Usuario: <input type="text" value="Operador"/>	Registro del nivel de acceso
	Acceso directo a la pantalla principal
 Alarma	Estado de las alarmas
	Pantalla de ayuda

6.3 Explicación del diseño de simulación

Además del control del sistema, el programa está diseñado con la capacidad para realizar la simulación de los dispositivos involucrados con el proceso de campeo como: dispositivos neumáticos, dispositivos hidráulicos, sensores y motores.

Para la simulación de estos dispositivos se utilizaron bloques de funciones programados en texto estructurado.

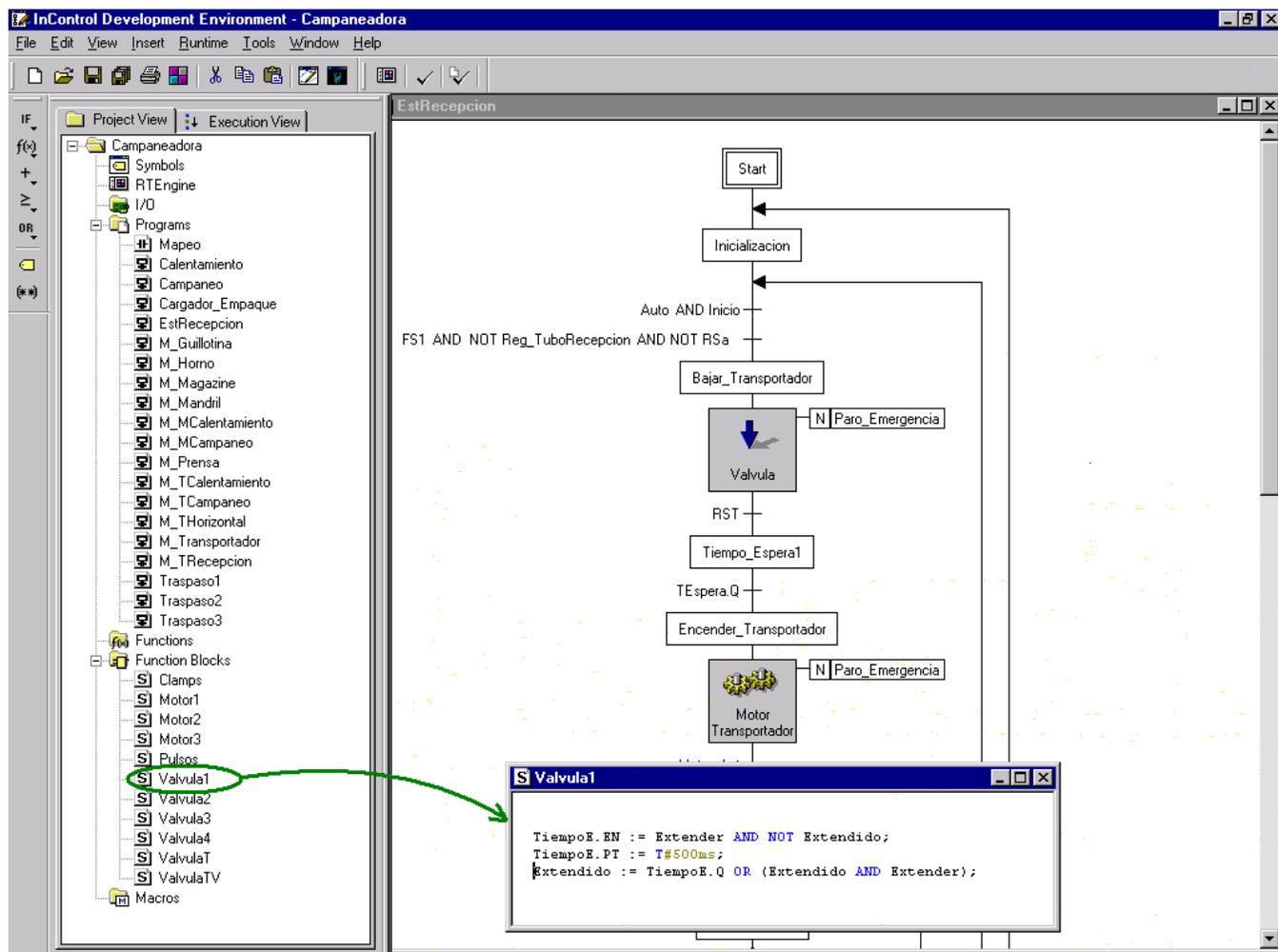


Figura 6.3.1.1 Bloques de Funciones en InControl

Como se observa en la **figura 6.3.1.1**, existe un bloque de función denominado Válvula 1, este bloque de función simula el accionamiento del dispositivo neumático encargado de bajar el transportador en la estación de recepción.

En este bloque está definido dos variables *Extender* y *Extendido*.

Extender, es la variable asociada con el accionamiento del dispositivo.

Extendido, se encuentra ligado con la señal del sensor RST, este indica cuando el transportador está totalmente extendido.

Cuando la variable *Extender* pasa de 0 lógico a 1 lógico, se habilita un temporizador; en el momento que el tiempo alcanza el valor predeterminado en el bloque de función la variable *Extendido* toma el valor de uno, por tanto el sensor RST es activado.

Una vez definidos los bloques de funciones es necesario crear una variable en el programa de control, en este caso denominada *Transp*; al cual se le asigna las características del bloque de función *Válvula 1*, **figura 6.3.1.2**.

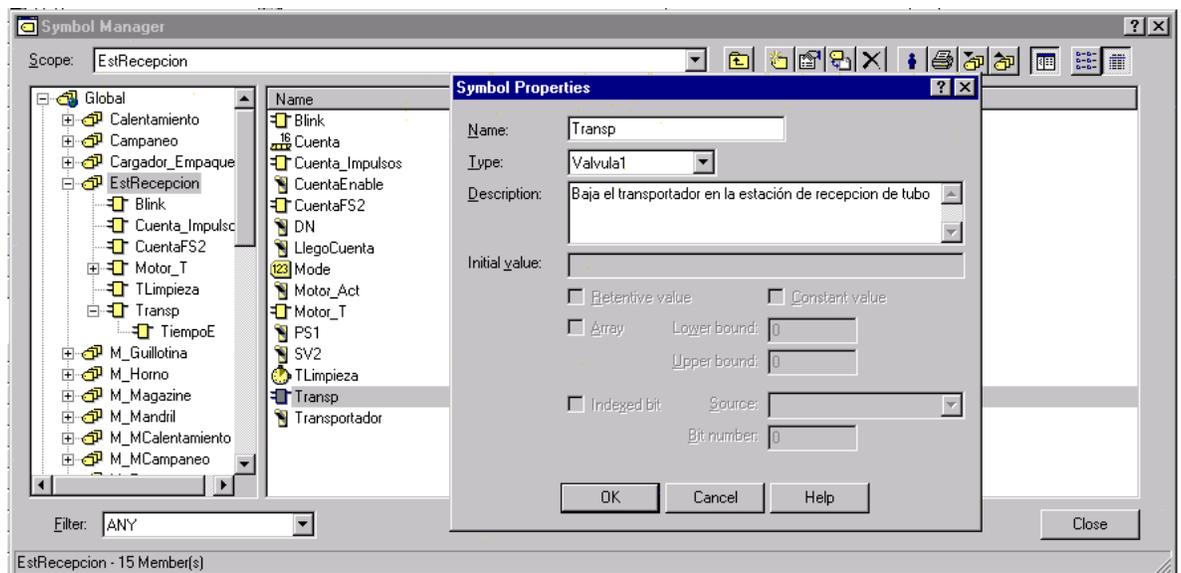


Figura 6.3.1.2 Asignación de la variable al bloque de función

Dentro del programa de control, el bloque de función es “llamado” y realiza la asignación de parámetros; por ejemplo, a *Extender* se le asigna el valor de la variable A_SV1 (señal de activación) y la variable RST (señal de transportador extendido) toma el valor de *Extendido*. Esto se puede observar con mayor claridad en las *figuras 6.3.1.3 y 6.3.1.4*:

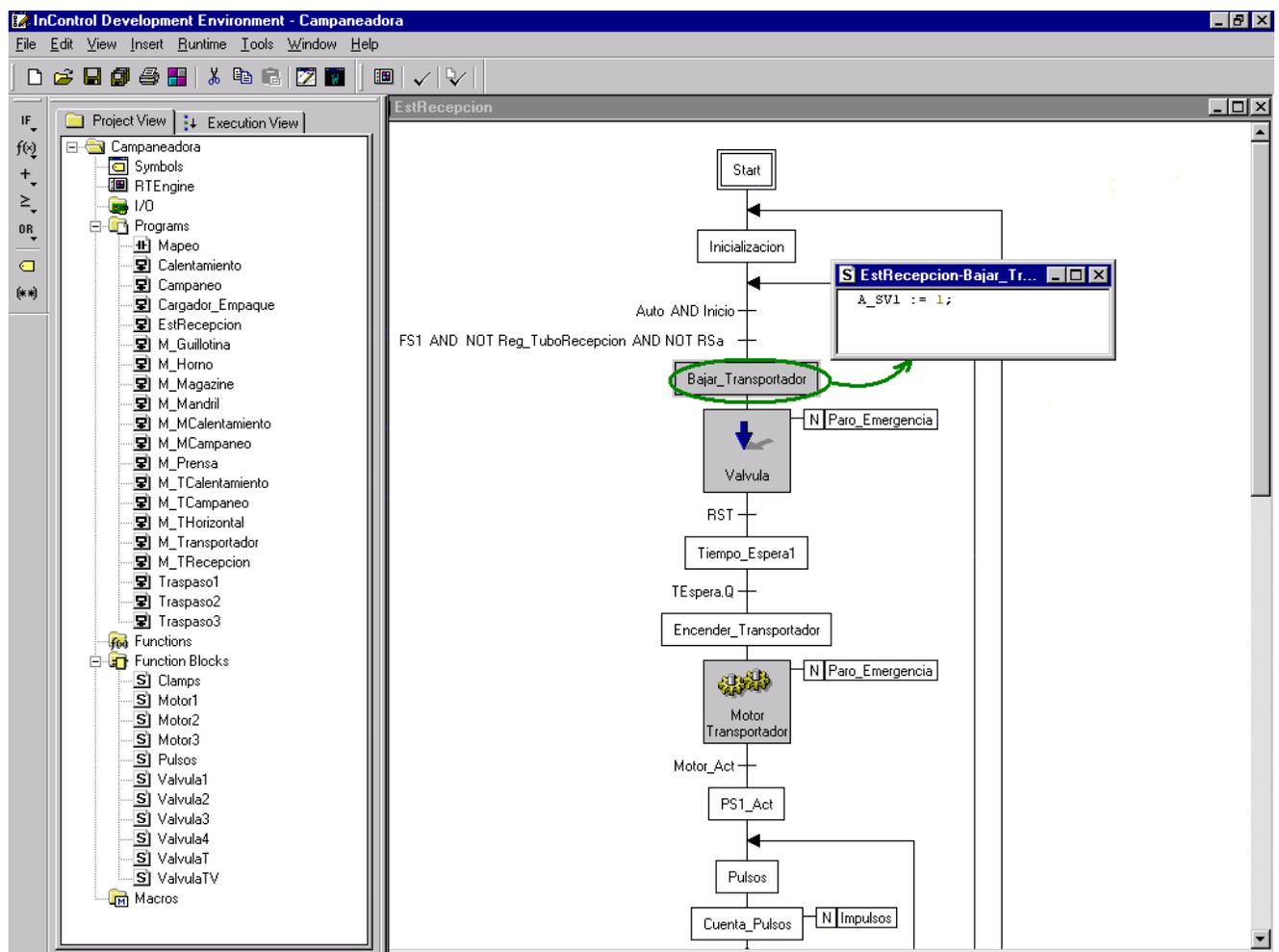


Figura 6.3.1.3 Bloques de Funciones en el programa de Control

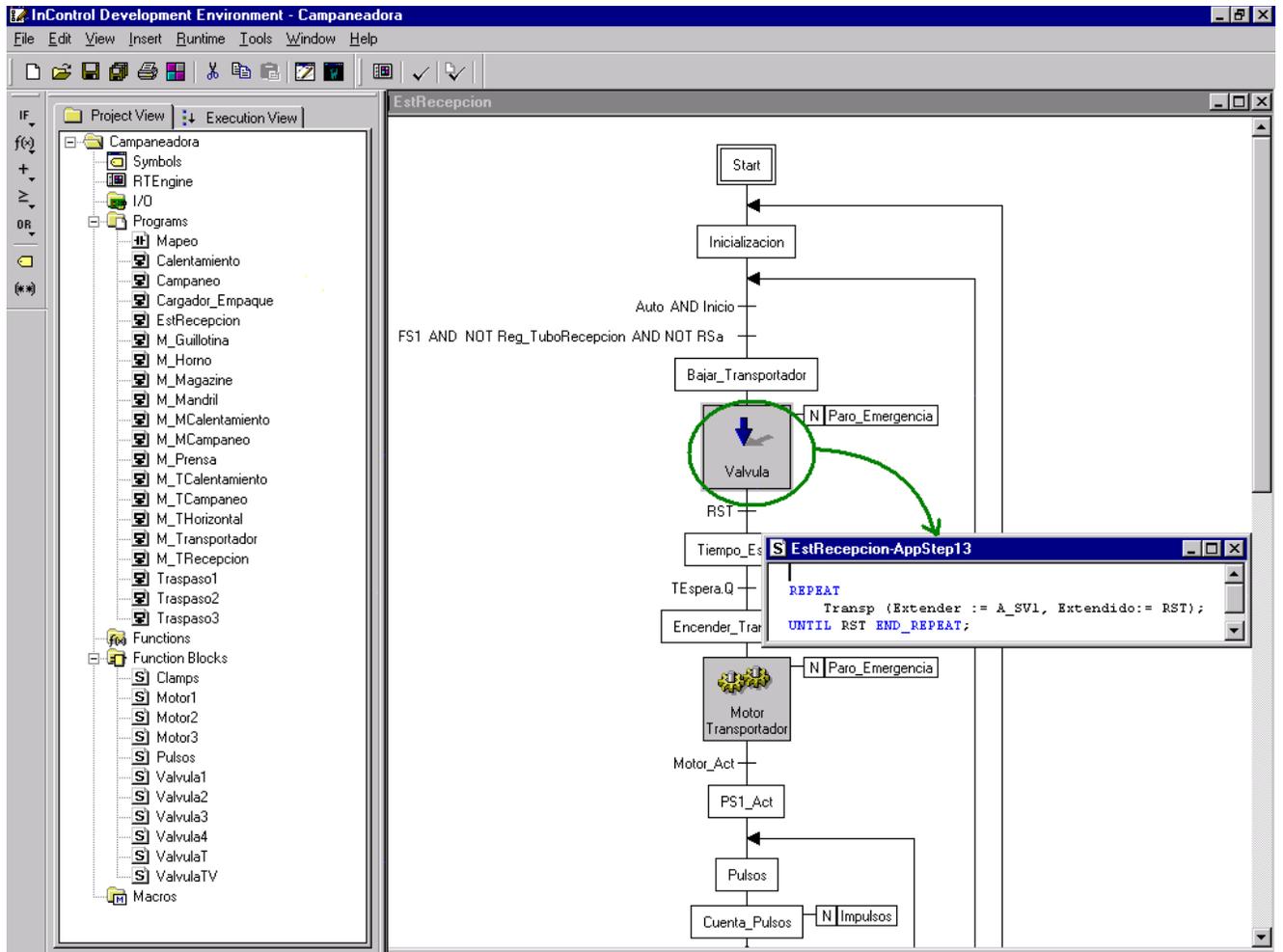


Figura 6.3.1.4 Asignación de Parámetros

Básicamente, el resto de los bloques de funciones presentan una programación similar. Difieren en que algunos dispositivos hidráulicos poseen dos solenoides. Esto es, una señal para extender y otra para retraer; así como dos variables de estado, extendido o retraído.

6.4 Alcances y limitaciones

El programa de control para una campaneadora IPM BA500, permite realizar modificaciones de forma sencilla desde InControl. Además posee la ventaja de poder efectuar la depuración en la computadora antes de realizar las pruebas directamente con la máquina.

La interfaz hombre máquina, desarrollada en InTouch, ofrece la oportunidad de observar y controlar la ejecución del proceso de campaneado de un tubo en forma remota y en tiempo real.

Además, la visualización tanto del proceso como de los datos se presenta de forma sencilla, lo cuál permite agilizar en gran medida el control del proceso de campaneado.

Dado que para el desarrollo de este proyecto no fue posible contar con una verdadera máquina campaneadora, tan sólo pudo probarse por medio de simulación. No fue posible determinar todo los alcances o limitaciones del software de control.

Para efectuar el control en planta de la máquina campaneadora es necesario instalar en el sistema tarjetas de I/O para que InControl pueda comunicarse con los dispositivos involucrados con el control de la campaneadora. Algunas de las tarjetas de I/O de diversos fabricantes que soporta InControl se listan en la tabla 1.

Aunque la simulación de la campaneadora en software permite depurar en gran medida el programa de control, no es del todo infalible. Simular el comportamiento de una máquina o proceso con un software de programación, después de todo, se realiza bajo condiciones controladas; y no permite prever los problemas que surgen en la realidad.

Por tanto, no se puede descartar completamente las pruebas en el campo. Sólo simplificar un poco más la tarea, disminuyendo los cambios a realizar en el programa durante la puesta en marcha.

CAPÍTULO 7
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo y diseño de un sistema de control implementado en una PC posee la gran ventaja de permitir reutilizar el código generado sin un gran esfuerzo; a diferencia de un PLC, que dependiendo de una marca a otra; la incompatibilidad de lenguajes ocasiona el volver a generar el código para el control de un proceso específico, partiendo casi de cero.

Otra de las ventajas que ofrece es la flexibilidad de programación, ya que permite la utilización e interacción de diversos lenguajes de programación como: lógica en escalera, texto estructurado y SFC. Esto permite agilizar y simplificar el desarrollo del sistema de control.

Además, la visualización y adquisición de datos (interfaz hombre máquina) puede ser mucho más agradable y ágil. Mediante el software de visualización InTouch. Se puede observar la secuencia de ejecución del proceso controlado en forma animada, en tiempo real y de forma remota .

A pesar que para la finalización de este proyecto no fue posible controlar una máquina campaneadora real; la simulación de ésta utilizando el mismo software de control (InControl), permitió Adicionalmente la posibilidad de crear en una PC la simulación no sólo de una máquina; sino de todo un proceso en la industria, con el objetivo de realizar las depuraciones de un programa de control específico antes de realizar la puesta en marcha real. Esto implicaría un ahorro en esfuerzo y tiempo.

La limitante principal de esta modalidad de control en comparación con el control mediante un PLC, es el costo que implica adquirir una computadora industrial hoy en día. Con todas la ventajas que ofrece la PC, si le agregamos el hecho de que la computadora industrial requiere de software como Window NT, para soportar programas como InTouch o InControl, entonces la diferencia de costos entre ambos sistemas es bastante significativa.

Este proyecto es tan sólo un ejemplo de lo que puede llegar a convertirse el control de procesos, y la tarea de depurar un programa desde el lugar de trabajo sin necesidad de desplazarse hacia una planta o industria.

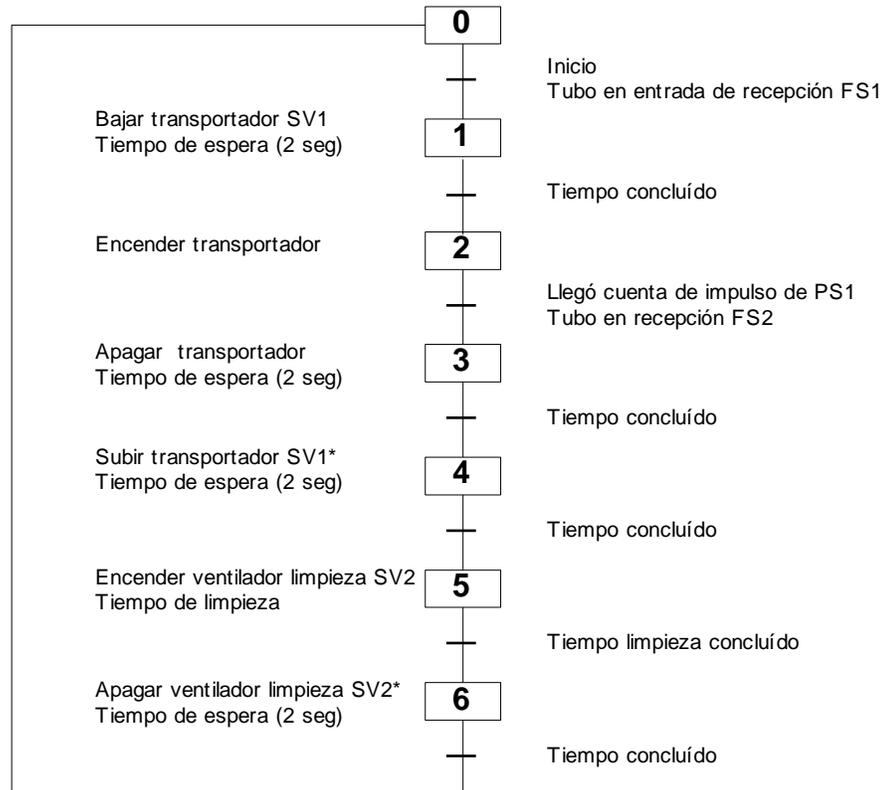
No obstante, pueda que el entendimiento de la estructura de programación para el control de un proceso o mecanismo, sea bastante sencillo; pero no así el conocimiento del funcionamiento mecánico de esta. Por más avanzado o detallado que sea el programa de control, o cuan “inteligente” y flexible sea el software de programación, aún falta mucho para que el conocimiento de un hábil operador sea sustituido.

Bibliografía

- Wonderware Corporation. InTouch 7.1 Training Manual. California. U.S.A. 1999
- Wonderware Corporation. InControl 7.1 Training Manual. California. U.S.A. 1999
- Belzner, Petra... Switching, Protection and Distribution in Low-Voltage Networks. Siemens-Aktiengesellschaft, Berlin and Munich. 2 ed, 1994
- Hintz, Kenneth. Microcontrollers: Architecture, Implementation and Programming. McGraw-Hill, U.S.A. 1992

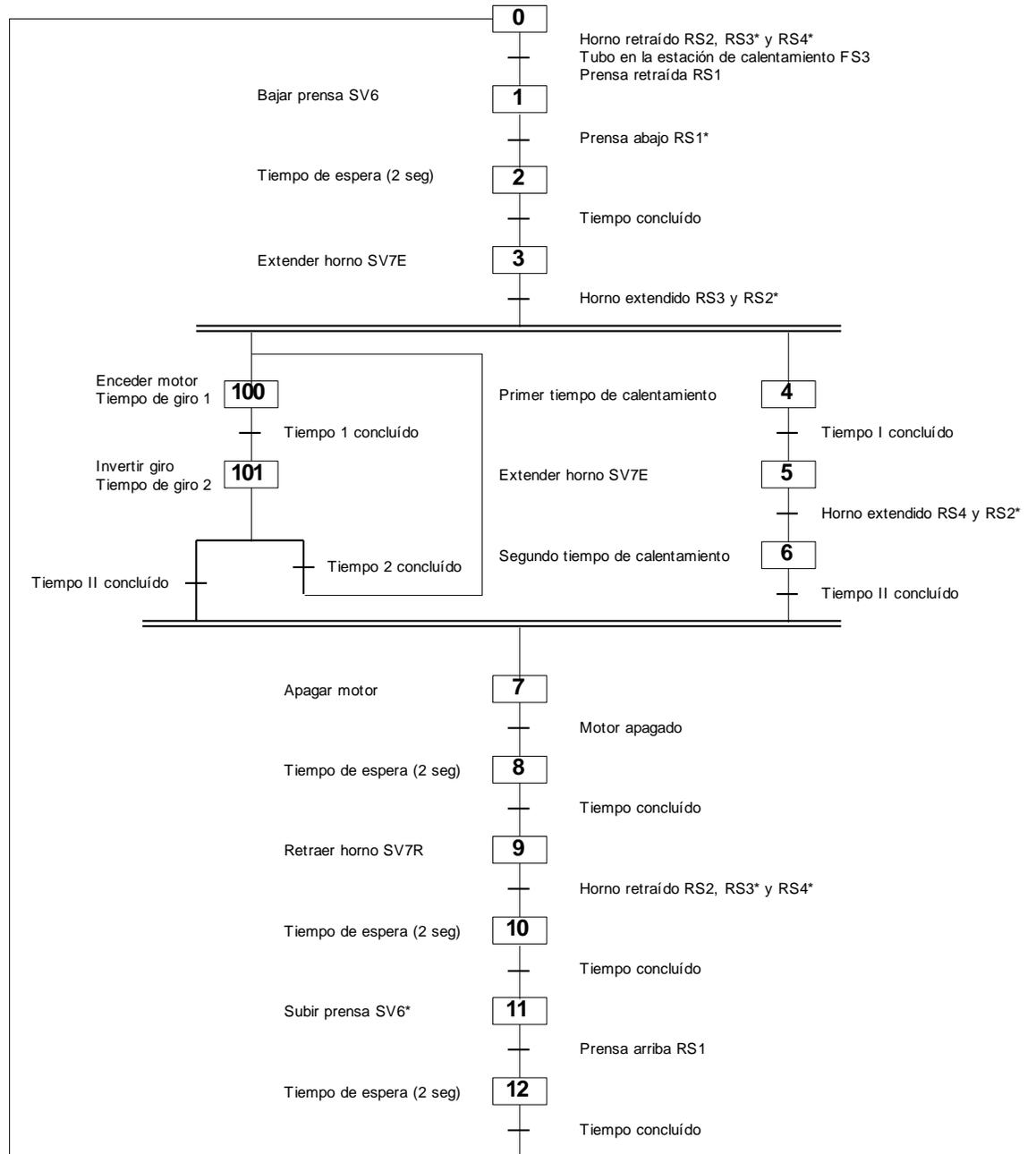
Apéndice 1 Diagramas SFC para la secuencia automática

Estación de recepción⁴

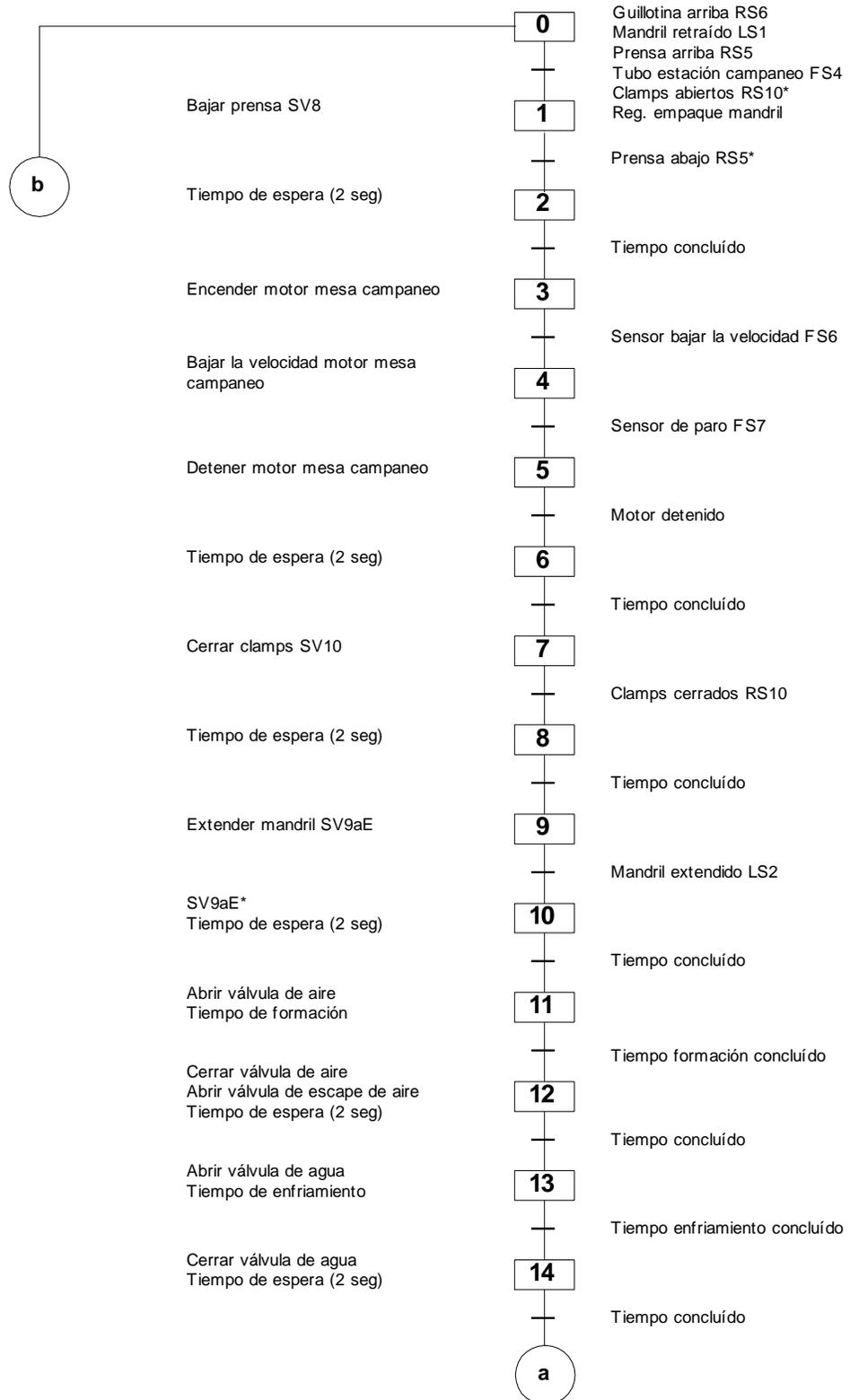


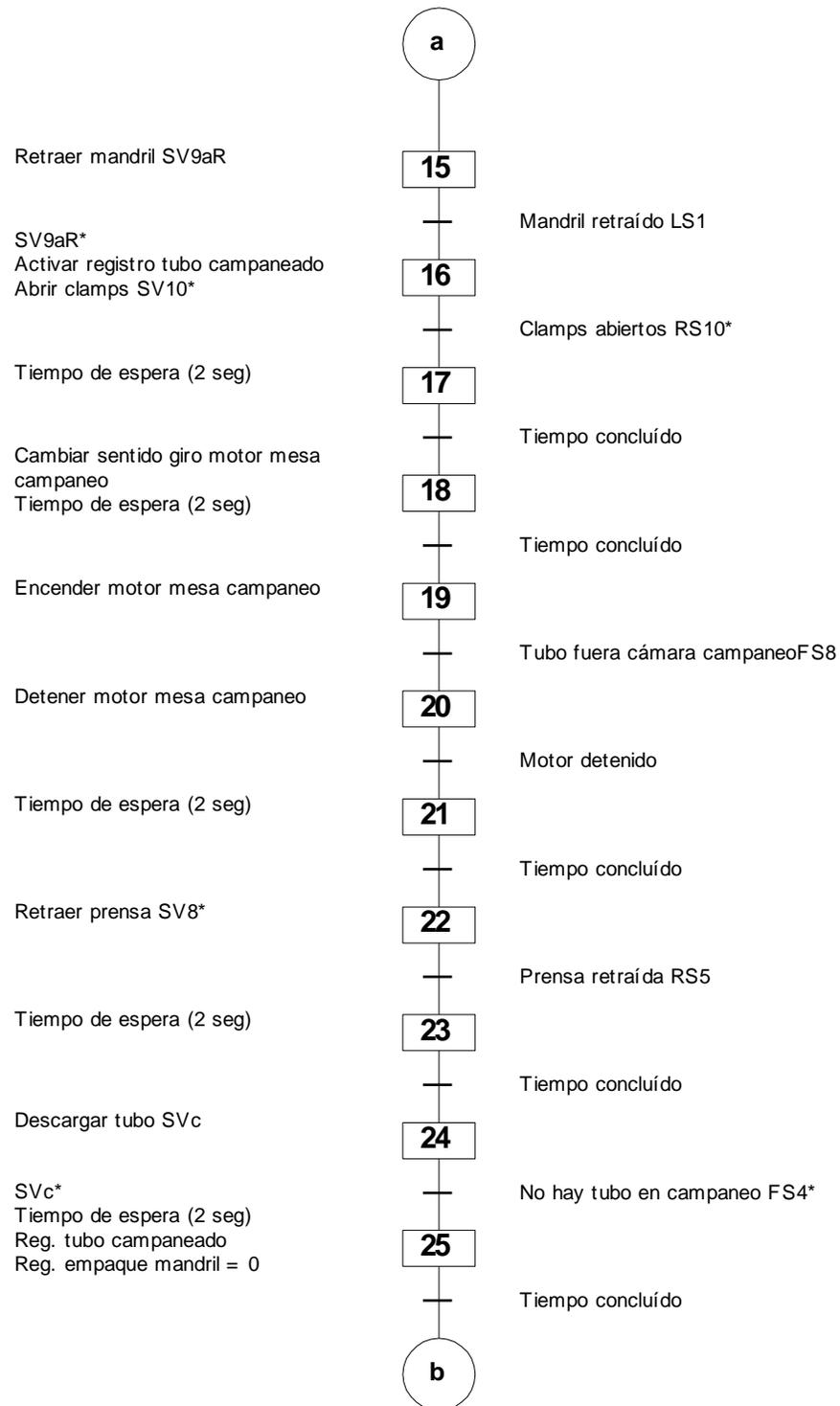
⁴ El símbolo (*) significa que la variable está negada

Estación calentamiento

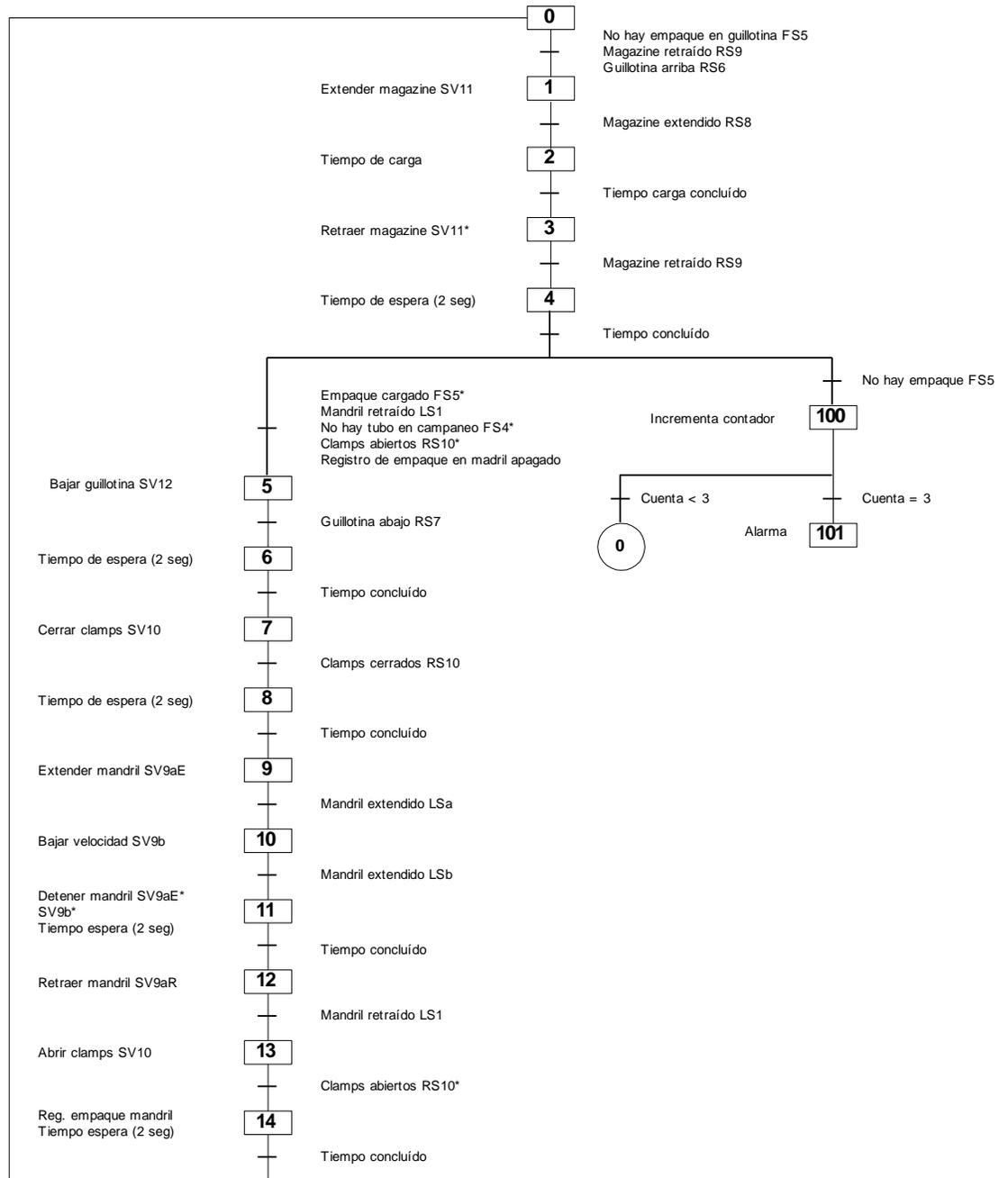


Estación de campaneo

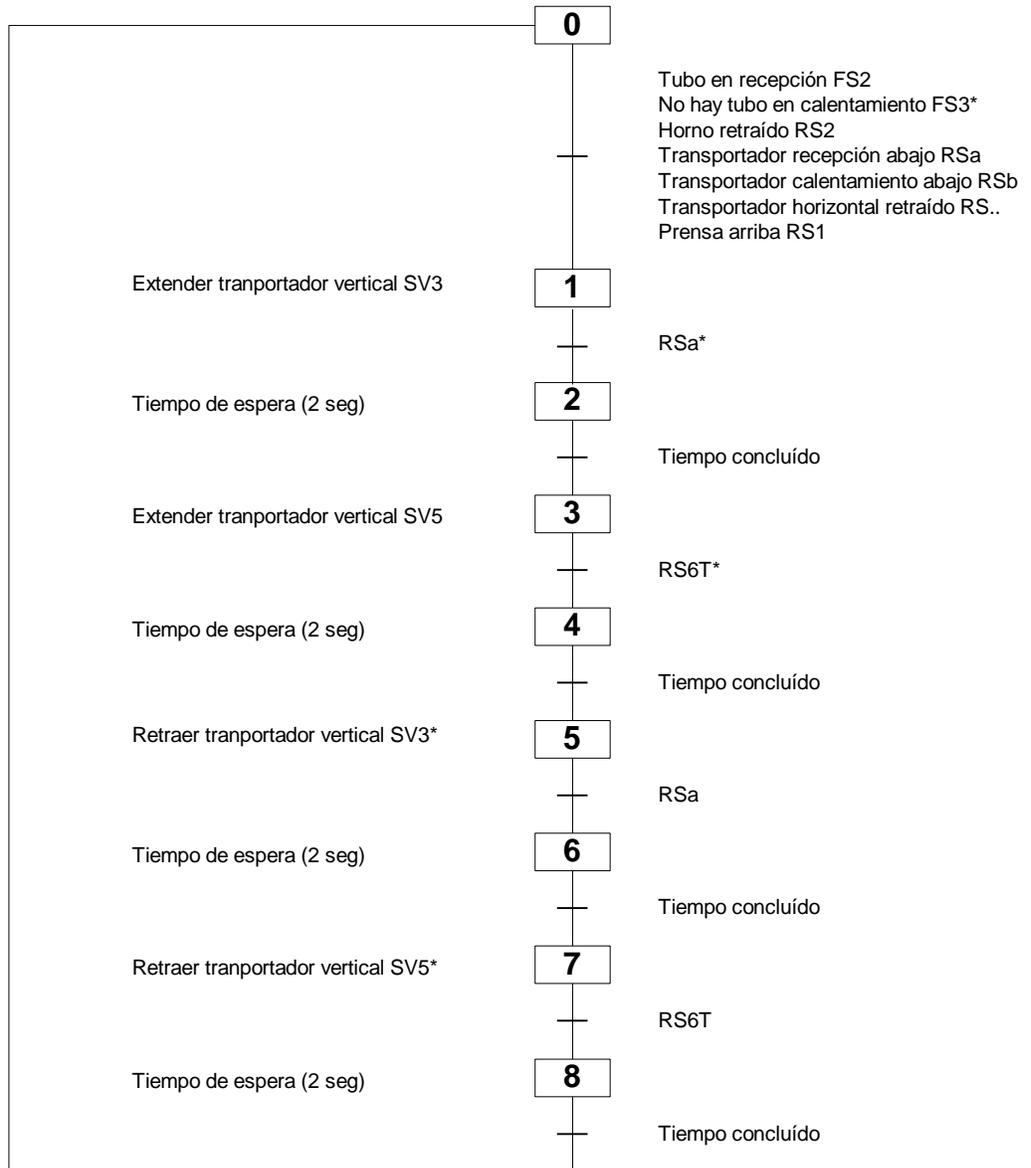




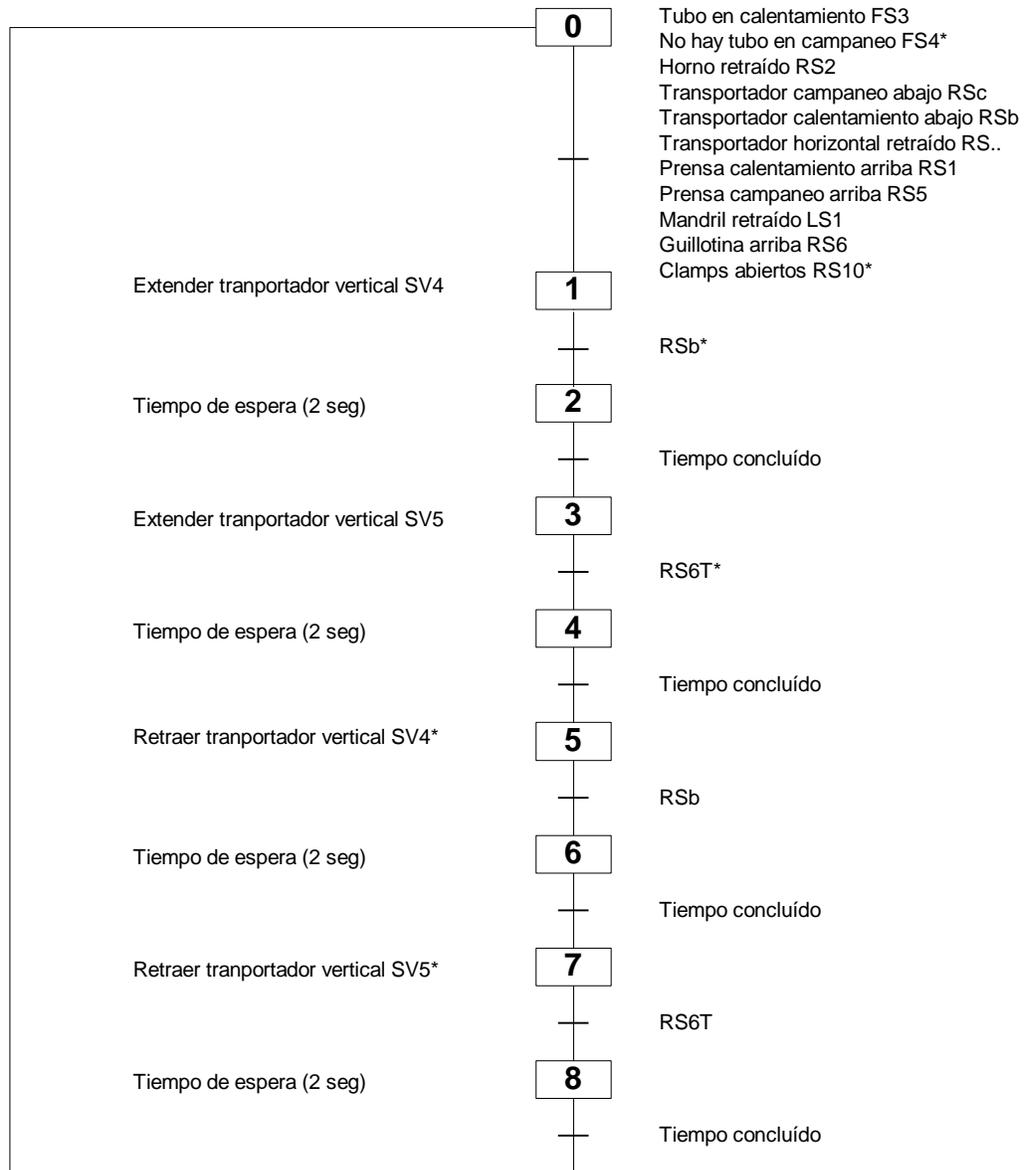
Carga de empaque



Traspaso de recepción a calentamiento



Traspaso de calentamiento a campaneo



Apéndice 2 Estándares Internacionales

IEC-16131-3:

Durante los últimos 20 años, se venía utilizando muchas técnicas de programación para el desarrollo de programas en aplicaciones de control. Como resultado de esto existía una ineficiente uso de recursos económicos, materiales y humanos. Por ese motivo en 1979 se formó un comité, el cual comenzó a revisar las técnicas y lenguajes utilizados por varios fabricantes; con la intención de promover el desarrollo del software bien estructurado. Su primera revisión fue publicada en 1993, armonizando así aspectos referentes a los PLC's.

IEC-16131-3 está diseñado sobre una serie de técnicas bien probadas para ayudar a encontrar errores en la etapa de desarrollo lo más pronto posible. Entre sus ventajas figura el hecho de que permite el uso de múltiples lenguajes de programación en el mismo PLC. Con esto el programador puede seleccionar el mejor lenguaje para cada tarea particular. El estándar abarca cinco aspectos:

1. Aspectos generales y definiciones
2. Hardware: equipo y requerimientos de prueba. Define los requisitos y procedimientos de prueba para el hardware.
3. Lenguajes de programación. Está dividido en elementos comunes y lenguajes de programación. Estos estándares de programación además especifican la sintaxis para los siguientes lenguajes de programación:

- **Lenguajes Gráficos**

Relay Ladder Logic (RLL): Lenguaje gráfico convencional. Es el lenguaje principal para programar PLC's. Es una representación gráfica diseñada para parecerse a la lógica de relés que ya existía.

Sequential Function Charts (SFC): Es un método gráfico de organización de programa. Sirve cuando se tienen comportamientos secuenciales en un sistema de control. Se usa para definir secuencias de control que son manejadas por eventos y tiempos. Sus tres componentes principales son:

- a. Pasos (unidades de lógica que ejecutan una tarea particular)
- b. Acciones (aspectos individuales de la tarea)
- c. Transiciones (mecanismos para mover datos de una tarea a otra)

La lógica de control para cada paso, acción y transición se programa en alguno de los otros lenguajes.

Function Block Diagram (FBD): Lenguaje en que los elementos aparecen como bloques, los cuáles están unidos por un alambrado (parecido al diagrama de un circuito. Este lenguaje es útil en aplicaciones en las que hay un gran flujo de información y de datos entre los componentes, por ejemplo en el control de procesos. Es decir, ayuda cuando se enfatiza en el flujo de datos y señales. Los bloques ayudan a que el software sea reusable.

- **Lenguajes Textuales**

Structured Text (ST): Este lenguaje de texto es de alto nivel, parecido a Pascal o Basic. Es útil en tarea que requieren matemática compleja, algoritmos o toma de decisiones.

Instruction List (IL): Este es un lenguaje de bajo nivel, similar a ensamblador. Es útil cuando pequeñas funciones se repiten muchas veces. Es muy poderoso pero difícil de aprender.

4. Guías al usuario
5. Comunicaciones o especificación de mensaje de servicio.