



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**“DISEÑO IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE UN MÓDULO DE  
CONTROL MEDIANTE PLC EN CONFIGURACIÓN SCADA EN EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FIE PARA EL CONTROL  
AUTOMÁTICO DEL SISTEMA DE ENVASADO”.**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**Presentado por:**

**MARCOS ANTONIO JÁCOME TORRES**

**Riobamba – Ecuador**

**2012**

Hago el presente agradecimiento y dedicatoria a quienes han plasmado en mí sus esfuerzos para que alcance el éxito en mis metas como el presente titular. Se lo dedico también a quienes por olvido o por espacio en esta hoja, no los cito. A Jehová Dios, mi fortaleza, escudo y amigo, quien nunca dejó de estar a mi lado y principal causante de mis éxitos. A mi apreciada mamacita Delia Torres, a mi padre Octavio Jácome, a mis hermanos Sofía, Joseph, Paulo, Ruth, Daniel, Raquel y Rubén. Que aunque a veces no entendían las situaciones difíciles en que me encontraba ni la manera de ayudarme a entender alguna cátedra, sí me daban una mano de forma emocional, física y espiritual. A mis profesores, a mis compañeros de clase, especialmente a Edison y Jaime con quienes compartimos los logros y sinsabores de cada semestre. A mis amigos en la fe por ser siempre “amigos nacidos en tiempos de angustia”. A mi profesor y director de Tesis Ing. Marco Viteri que sin su ayuda, preparación y paciencia no hubiese llegado a culminar este tema de tesis. Les dirijo estos agradecimientos por acompañarme en los momentos duros y cuando supieron compartir mis alegrías, como en esta ocasión. A todos ustedes, de corazón, Gracias.

## FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO FACULTAD INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Paúl Romero DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	_____	_____
Ing. Marco Viteri DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Paúl Romero MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	_____
Tlg. Carlos Rodríguez DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE LA TESIS	_____	

## **TEXTO DE RESPONSABILIDAD**

“Yo, Marcos Antonio Jácome Torres, soy el responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis de Grado y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

---

Marcos Antonio Jácome Torres

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>AWG:</b>	American Wire Gauge
<b>CA:</b>	Corriente Alterna
<b>Canales I/O:</b>	Canales de entrada y salida
<b>CC:</b>	Corriente Continua
<b>COM:</b>	Terminal Común
<b>CPU:</b>	Unidad Central de Procesamiento
<b>DCS:</b>	Sistemas de Control Distribuido
<b>DIN:</b>	Instituto Alemán de Normalización
<b>DRIVER:</b>	Variadores de velocidad de motores
<b>E/S:</b>	Entradas y Salidas
<b>ESPOCH:</b>	Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
<b>FBD:</b>	Diagrama de bloques funcionales
<b>FC:</b>	Contador Rápido
<b>FIE:</b>	Facultad de Informática y Electrónica
<b>GRAFCET:</b>	GRAFica de Control de Etapas de Transición
<b>HMI:</b>	Interfaz Hombre Máquina
<b>IEC:</b>	Information, Education and Communications.
<b>IL:</b>	Lista de instrucciones
<b>ISA:</b>	Arquitectura Estándar Industrial
<b>LD:</b>	Diagrama de contactos
<b>MODBUS:</b>	Protocolo de comunicaciones de MODICOM
<b>N/A:</b>	Normalmente Abierto
<b>N/C:</b>	Normalmente Cerrado

<b>NPN:</b>	Negativo Positivo Negativo
<b>PAC:</b>	Controladores de Automatización Programables
<b>PADT:</b>	Herramienta de Programación y Depuración
<b>PC:</b>	Controlador Programable
<b>PID:</b>	Proporcional Integrador y Diferencial
<b>PLC:</b>	Controlador Lógico Programable
<b>PNP:</b>	Positivo Negativo Positivo
<b>P&amp;ID:</b>	Diagramas de Proceso e Instrumentación
<b>RTC:</b>	Reloj de Tiempo Real
<b>RTD:</b>	Detectores de Temperatura Resistivos
<b>RTU:</b>	Unidad Terminal Remota
<b>RS:</b>	Recommended Standard
<b>SCADA:</b>	Supervisory Control And Data Acquisition
<b>SIn:</b>	Sensor Inductivo n
<b>SOn:</b>	Sensor Óptico n
<b>ST:</b>	Textoestructurado
<b>VFD:</b>	Variable Frequency Drive

# ÍNDICE GENERAL

PORTADA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
FIRMAS DE RESPONSABLES	
TEXTO DE RESPONSABILIDAD	
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
INTRODUCCIÓN	

## CAPÍTULO I MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES -----	17
1.2 JUSTIFICACIÓN -----	18
1.3 OBJETIVOS -----	19
1.3.1 General -----	19
1.3.2 Específicos -----	19
1.4 HIPÓTESIS -----	20

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 MÓDULO DE CONTROL CON PLC -----	21
2.1.1 PLC TELEMECANIQUE CAE 40 DRF-----	21
2.1.1.1 Descripción de los componentes de un controlador compacto-----	24
2.1.1.2 Módulos de ampliación-----	25
2.1.1.3 Módulos de E/S digitales-----	25
2.1.1.4 Módulos de E/S analógicas-----	27
2.1.1.5 Módulo de Salida por Relé-----	29
2.1.2 Normas de control: IEC 61131-3, IEC 61131-5 de PLC en hardware-----	30
2.1.2.1 IEC 61131-3: Un recurso de programación estándar-----	30
2.1.2.2 Elementos Comunes-----	32
2.1.2.2.1 Tipos de datos-----	32
2.1.2.2.2 Variables-----	32
2.1.2.2.3 Configuración, recursos y tareas-----	33
2.1.2.2.4 Modelo de Red de Comunicación del Controlador Programable (PC) -----	34
2.1.2.2.5 Modelo Funcional del PC-----	35

2.1.2.2.6 Modelo de Hardware del PC-----	37
2.1.2.2.7 Arquitectura de Comunicaciones-----	37
2.1.2.2.8 Distribución de componentes-----	38
2.1.2.2.9 Explicación de entradas de común negativo/salidas de común positivo -----	39
2.1.2.2.10 Explicación de las entradas de común positivo/salidas de común negativo	40
2.2 SCADA-----	43
2.2.1 Introducción-----	43
2.2.2 Descripción general-----	44
2.2.3 Características de un sistema SCADA-----	45
2.2.4 Componentes de hardware-----	48
2.3 Métodos de Programación -----	52

### **CAPÍTULO III**

#### **DISEÑO IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL**

3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS DISPOSITIVOS EN EL MÓDULO DE CONTROL -----	54
3.1.1 Diseño de la mesa de control-----	56
3.1.2 Materiales de la mesa de control-----	57
3.1.3 Conexión interna de los dispositivos del módulo de control-----	57
3.1.4 Conexión entre el PLC, módulos de ampliación y demás entradas y salidas con el módulo de control-----	57
3.1.5 Disposición física de las entradas y salidas de los tres módulos-----	59
3.1.5.1 Módulo de Mezclado-----	59
3.1.5.2 Módulo de Envasado-----	60
3.1.5.3 Módulo de Paletizado-----	60
3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL-----	61
3.2.1 Montaje de los equipos en el módulo de Control-----	61
3.2.2 Conexiones, borneras y terminales de cables-----	63
3.3 PROGRAMACIÓN-----	68
3.3.1 Diagrama de flujo de los procesos-----	68
3.3.2 Programa del módulo de control -----	70
3.3.3 Graficet de los módulos de Mezclado, Envasado y Paletizado -----	70
3.3.3.1 Módulo de Mezclado -----	70
3.3.3.2 Módulo de Envasado -----	70
3.3.3.3 Módulo de Paletizado -----	71
3.4 SISTEMA SCADA-----	74
3.4.1 SCADA entre el PLC TELEMECANIQUE y los procesos -----	74
3.4.2 Determinación de terminales remotas en el módulo de control-----	75
3.4.2.1 Módulo de mezclado-----	75
3.4.2.2 Módulo de envasado-----	76
3.4.2.3 Módulo de paletizado-----	76

3.4.3 Infraestructura y comunicación entre PLC y módulo de control-----	77
-	77
3.4.3.1 Diagrama P&ID del módulo de mezclado-----	79
3.4.3.2 Diagrama P&ID del modulo de envasado-----	82
3.4.3.3 Diagrama P&ID del modulo de paletizado-----	

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y RESULTADOS**

4.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA FINAL Y ANÁLISIS DE RESULTADOS -----	85
4.1.1 Configuración del OPC Server de Labview conexión con el HMI-----	85
4.2 DATOS ADICIONALES DE FUNCIONAMIENTO-----	102

CONCLUSIONES  
 RECOMENDACIONES  
 RESUMEN  
 SUMMARY  
 GLOSARIO  
 BIBLIOGRAFÍA  
 ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1	Gama de controladores Twido compactos -----	22
Figura II. 2	Módulos de ampliación y accesorios para los controladores compactos	23
Figura II.3	Características PLC TWDLCAA40DRF -----	24
Figura II.4	Partes de un controlador compacto -----	24
Figura II.5	Ejemplos de módulos de E/S digitales -----	25
Figura II.6	Módulo de entradas digitales de la mesa de control -----	27
Figura II.7	Ejemplos de módulos de E/S analógicas -----	27
Figura II.8	Módulo de E/S analógicas-----	29
Figura II.9	Estándar IEC 1131-3-----	31
Figura II.10	Configuración, recursos y tareas -----	33
Figura II.11	Dispositivos de una red de comunicación -----	35
Figura II.12	Modelo Funcional del PC -----	36
Figura II.13	Modelo de Hardware del PC -----	37
Figura II.14	Arquitectura de comunicaciones -----	38
Figura II.15	Conexión de entradas de común negativo/salidas de común positivo ---	40
Figura II.16	Conexión de entradas de común positivo/salidas de común negativo ---	40
Figura II.17	Esquema de cableado de entradas de común positivo de CC -----	41
Figura II.18	Esquema de cableado de salidas de relé y transistor de CA -----	41
Figura II.19	Cableado eléctrico de módulos de E/S analógicas -----	42
Figura II.20	Conexión del Telefast entre el PLC y las borneras -----	42
Figura II.21	Sistema SCADA en áreas industriales -----	44
Figura II.22	Lenguajes de Programación -----	52
Figura III.1	Disposición física de los materiales del Módulo de Control -----	55
Figura III.2	Diseño estructural de la mesa de control -----	56
Figura III.3	Materiales de la mesa de control -----	57
Figura III.4	Disposición general de las E/S del M. de Mezclado -----	60
Figura III.5	Disposición general de las E/S del M. de Envasado -----	60
Figura III.6	Disposición general de las E/S del M. de Paletizado -----	60
Figura III.7	Terminales pre-aislados -----	61
Figura III.8	Herramienta ponchadora de los terminales -----	61
Figura III.9	Huequeado del panel para montar los equipos -----	62
Figura III.10	Materiales de sujeción de los equipos en el panel -----	62
Figura III.11	Disposición en el panel de los materiales de sujeción -----	62
Figura III.12	Ejemplo de un correcto cableado -----	63
Figura III.13	Variables a considerar para un correcto crimpado -----	64
Figura III.14	Cable crimpado-----	64
Figura III.15	Conexión de cable crimpado a una bornera-----	65

Figura III.16	Mesa de Control -----	66
Figura III.17	Disposición de los equipos en el panel de control -----	66
Figura III.18	Conexión de los equipos de la parte superior -----	66
Figura III.19	Montaje del HMI y del control de velocidad del motor -----	67
Figura III.20	Montaje del variador de frecuencia -----	67
Figura III.21	Conexión de las bornas -----	67
Figura III.22	Montaje de la botonera -----	67
Figura III.23	Conexión de las entradas del PLC -----	68
Figura III.24	Conexión de las salidas del PLC -----	68
Figura III.25	Diagrama de flujo de todo el Sistema a controlar -----	69
Figura III.26	Graficet Módulo de Mezclado -----	70
Figura III.27	Graficet Módulo de Envasado -----	71
Figura III.28	Graficet Módulo de Paletizado -----	73
Figura III.29	Diagrama P&ID de todo el Sistema a controlar -----	74
Figura III.30	Lazos de Control del módulo de Mezclado-----	75
Figura III.31	Lazos de Control del módulo de Envasado -----	76
Figura III.32	Lazos de Control del módulo de Paletizado-----	77
Figura III.33	Diagrama de P&ID del módulo de mezclado -----	78
Figura III.34	Módulo de mezclado de líquidos -----	78
Figura III.35	Cableado entre el módulo de mezclado y el PLC -----	79
Figura III.36	Tanques de almacenamiento de líquido -----	79
Figura III.37	Diagramas P&ID del modulo de envasado -----	79
Figura III.38	Módulo de Envasado -----	80
Figura III.39	Vista lateral izquierda del modulo de envasado -----	80
Figura III.40	Sensor Óptico 3 -----	80
Figura III.41	Cableado entre el módulo de envasado y el PLC -----	81
Figura III.42	Cilindro C3, C4 Y C5 -----	81
Figura III.43	Diagramas P&ID del modulo de paletizado-----	82
Figura III.44	Módulo de Paletizado-----	83
Figura III.45	Cableado entre el módulo de paletizado y el PLC -----	83
Figura III.46	Módulo de paletizado. Vista frontal -----	83
Figura III.47	Módulo de paletizado. Vista lateral derecha -----	84
Figura III.48	Sensor óptico 4 y cilindro C2P de empuje del pallette -----	84
Figura III.49	Cilindros C1P y C3P-----	84
Figura IV.1	OPC Servers de Labview -----	85
Figura IV.2	Eliminación de los OPC Servers creados por default -----	86
Figura IV.3	Creación de un nuevo OPC -----	86
Figura IV.4	Controlador del dispositivo -----	87
Figura IV.5	Búsqueda del puerto com del PC -----	87
Figura IV.6	Configuración del canal -----	88

Figura IV.7	Creación de todas las Tags en el OPC -----	89
Figura IV.8	Conexión del Indicador de Labview con la memoria del OPC -----	90
Figura IV.9	Tag del OPC Banda -----	90
Figura IV.10	Arranque del sistema de control -----	91
Figura IV.11	Activación de la Banda y la válvula V1 -----	92
Figura IV.12	Paso del líquido de la válvula 1 -----	92
Figura IV.13	Activación de la válvula V2 -----	92
Figura IV.14	Paso del líquido de la válvula 2 -----	93
Figura IV.15	Activación de la válvula V3 -----	93
Figura IV.16	Paso del líquido de la válvula 3 -----	93
Figura IV.17	Activación del mezclador -----	94
Figura IV.18	Motor 1 mezclando líquidos -----	94
Figura IV.19	Emisión de señales de la sonda -----	94
Figura IV.20	Botellas retenida por el cilindro A (C1) -----	95
Figura IV.21	Detección de la salida del vástago del C1 -----	95
Figura IV.22	Recogimiento de la tapa por parte de la botella -----	96
Figura IV.23	Retención de la botella para ser tapada -----	96
Figura IV.24	Detección de la salida del vástago del C3 -----	96
Figura IV.25	Cerrado de la tapa de la botella -----	97
Figura IV.26	Cierre C4 para el cerrado de la tapa -----	97
Figura IV.27	Las otras botellas no realizan ningún proceso -----	97
Figura IV.28	Botella llega al final de la banda -----	98
Figura IV.29	Proceso repetido dos veces -----	98
Figura IV.30	Cilindro C1P baja y ajusta las botellas con C3P -----	98
Figura IV.31	Detección de activación de cilindros C1P y C3P -----	99
Figura IV.32	Botellas llevadas al pallete -----	99
Figura IV.33	Activación de R1 y R2 para el avance del motor -----	100
Figura IV.34	Cilindro C1P regresa a su posición inicial -----	100
Figura IV.35	Repetición del paletizado al haber 2 botellas más -----	101
Figura IV.36	Botellas colocadas al inicio del pallete -----	101
Figura IV.37	Expulsión del pallete por parte del cilindro C2P -----	101
Figura IV.38	Salida del cilindro C2P -----	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I	Características de funcionamiento del Módulo de Salida por Relé -----	29
Tabla III.I	Registro de entradas -----	58
Tabla III.II	Registro de salidas -----	59

## INTRODUCCIÓN

El laboratorio de automatización de la FIE consta de módulos independientes de mezclado, envasado de líquidos y de paletizado de botellas. Sin embargo no existe un módulo de control que una estos tres módulos independientes y que los haga funcionar de una manera secuencial y ordenada. De existir este módulo permitirá tener un modelo general de los sistemas de mezclado, envasado y paletizado de líquidos que son la base de funcionamiento de empresas industriales. Esto también permite fortalecer los laboratorios estudiantiles en cuanto a la preparación pre profesional de los mismos dándoles una idea general de los diferentes campos de aplicación de la información que se imparten en las aulas de clase.

Las muchas ventajas educativas de la tesis planteada señala la necesidad de documentar paso a paso la misma. Esto permitirá a quien utilice esta información prepararse para realizar tareas prácticas en el campo industrial pues no nos remitimos sólo a la parte teórica, equivalente a la programación del sistema de control, sino también a lo que es el diseño e implementación del módulo de control.

El presente trabajo consta de cuatro capítulos:

Capítulo I denominado Marco Referencial consta de los antecedentes de la problemática detectada, la justificación que nos llevó a la implementación del proyecto, los objetivos general y específicos a cumplir y la hipótesis como una posible solución al problema detectado.

Capítulo II denominado Marco Teórico. En él se detallan los antecedentes que se deben tomar en cuenta para el diseño, implementación y programación del módulo de control. Como el PLC utilizado, los módulos de ampliación utilizados y los diferentes tipos de señales con las que se trabaja. Por estandarización se explican las normas de control IEC 61131-3 y 61131-5.

Capítulo III denominado Diseño, implementación y programación del módulo de control. Se detalla la distribución de los componentes en el módulo de control. Mediante tablas y con un plano eléctrico de conexiones se especifican todas las entradas y salidas de los módulos a controlar. Se explica el montaje de los equipos de la mesa de control guiándose en el diseño previamente realizado. También la forma de realizar un correcto ponchado y conexionado de los cables. Se observa el diagrama de flujo de funcionamiento de nuestro módulo de control. Se anexa, además, el programa final utilizado en este trabajo de tesis.

Se documenta con diagramas P&ID la forma de funcionamiento de todo el sistema SCADA. Se reporta información de las entradas y salidas de todo el sistema y la forma física de conexión. Se determinan las terminales remotas en los módulos a controlar y los lazos de supervisión y adquisición de datos del PLC.

Capítulo IV Análisis y resultados. Donde se precisa las respuestas y los resultados obtenidos con el módulo de control.

Cabe indicar que, debido a que en el desarrollo escrito de esta tesis se documenta paso a paso, la manera en que se llega a cumplir con la hipótesis prevista, esta tesis

escrita cumple también con el objetivo final de “Documentar los procesos de realización del módulo de control”. Este es el motivo de no existir un capítulo adicional con este nombre.

Finalmente tenemos las conclusiones y recomendaciones que se realizan a fin de optimizar el Control de todo el sistema que con la ayuda de esta tesis, correspondiente al Manual de Usuario, el estudiante encargado de utilizar el Módulo de Control estará en condiciones de aprender del funcionamiento industrial de la misma. Así también realizar prácticas de prueba para mejorar la calidad de retención del aprendizaje impartido en las aulas de clase.

Con este aporte se ha dado una solución educativa y tecnológica al problema de la falta de un sistema de control que acople y unifique el sistema de mezclado, envasado y paletizado del laboratorio de la FIE.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Desde el surgimiento de la revolución industrial las operaciones realizadas por máquinas en los diferentes departamentos de una empresa han buscado optimizar los procesos, incrementar la producción y reducir los costos de operación. En busca de tales objetivos, de forma paulatina, ha disminuido el control de parte la mano de obra directa en los procesos de fabricación y ha aumentado el de los mecanismos eléctricos.

Los sistemas de control automático representan la nueva era de la revolución industrial. En estas tecnologías el control realizado a las máquinas ya no lo realizan los operarios sino que lo realizan por sí solos, convirtiéndolos en mecanismos autómatas.

El principio de funcionamiento parte del concepto de realimentación, que consiste en mantener al controlador central informado del estado de las variables para generar acciones correctivas si no cumplen con un estatus seleccionado por el operario, y es ahí donde en pequeña escala influye el humano.

La Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH ha dividido la Escuela de Ingeniería en Electrónica en dos. Una de las cuales está dedicada a formar profesionales en la rama de Control Automático y Redes Industriales.

Uno de los aspectos que la Escuela de Ingeniería en Control y Redes Industriales ha convenido como importantes se basa en la creación e implementación de laboratorios dedicados a la enseñanza práctica de esta carrera nueva.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La temática de las nuevas tecnologías de control automático ha abierto un vasto panorama a todas las ciencias, aplicaciones y complejidad que se les pueden dar tanto al campo industrial como al educativo.

La Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales busca fortalecer las enseñanzas teóricas que se imparten en las aulas, motivo por el cual se ha dirigido la máxima atención en robustecer su laboratorio. Para ello se han dispuesto de varios temas de tesis de grado relacionadas con sistemas de Control Industrial.

Este es el caso para la realización de la Tesis que se plantea, la cual consiste en el diseño, programación e implementación de un sistema de control para el módulo de mezclado y envasado de líquidos que existe en el laboratorio de Automatización de la Facultad de Informática y Electrónica.

Las características de funcionamiento deberán acoplar los datos de salida que proporcione el sistema de mezclado con los de entrada del sistema de envasado, debiendo también satisfacer los requerimientos de trabajo que se los especifiquen a un principio. Logrará la independencia de la línea de envasado de los otros bloques de operación.

Los conocimientos y resultados obtenidos de los proyectos anteriores en relación a este módulo de mezclado y envasado de líquidos del Laboratorio de Automatización se tomarán como base para la realización de la Tesis que se plantea

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 General**

Diseñar, implementar y programar un módulo de control mediante PLC en configuración SCADA en el laboratorio de automatización de la FIE para el control automático del sistema de envasado.

#### **1.3.2 Específicos**

- Diseñar un módulo de Control mediante PLC
- Implementar el módulo de Control.

- Programar el módulo de Control.
- Implementar un sistema Scada.
- Documentar los procesos de realización del módulo de control.

#### **1.4 HIPÓTESIS**

El diseño, implementación y programación de un módulo de control mediante PLC en configuración SCADA en el laboratorio de automatización de la FIE servirá para el control automático del sistema de envasado

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 MÓDULO DE CONTROL CON PLC**

##### **2.1.1 PLC TELEMECANIQUE CAE 40 DRF**

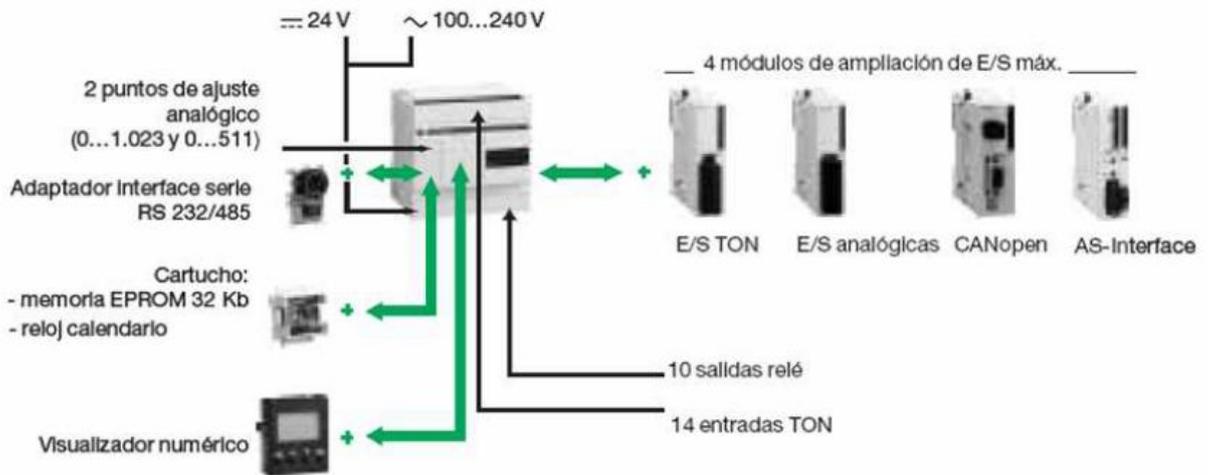
La gama de controladores programables compactos Twido permiten reducir el tamaño de las consolas en las aplicaciones donde el espacio ocupado resulta primordial. Los controladores de tipo compacto tiene integradas en el mismo cuerpo las entradas y salidas, este dependerá del modelo, pudiendo elegir: 10 E/S, 16 E/S, 24 E/S y 40 E/S. Los controladores de 24 E/S y 40 E/S admiten módulos de ampliación que nos confieren una mayor flexibilidad a la hora de elegir el tipo de controlador. Como ilustra la figura II.1.



**Figura II.1:** Gama de controladores Twido compactos

En los controladores de 24 E/S es posible colocar hasta 4 módulos de ampliación y en los de 40 E/S hasta 7 módulos, dependiendo siempre de que no se supere los límites de consumo de potencia, este se puede controlar a través del software TwidoSuite. Dependiendo del tipo de módulo de ampliación se puede llegar hasta 152 E/S con el controlador de 24 E/S y hasta 264 E/S como máximo con el de 40 E/S.

Los controladores Twido compactos ya tienen integrada la fuente de alimentación y utilizan: Una alimentación de corriente alterna comprendida entre 100 y 240 Vca (que garantiza la alimentación 24 Vcc de los captadores), o una alimentación de corriente continua comprendida entre 19,2 y 30 Vcc (prever una alimentación auxiliar externa tipo Phaseo para la alimentación de los captadores). La figura II.2 muestra las conexiones de los accesorios y módulos de ampliación del PLC.



**Figura II.2:** Módulos de ampliación y accesorios para los controladores compactos

Además de los módulos de ampliación, los controladores compactos Twido, también disponen de módulos opcionales, como visualizador numérico, cartucho de ampliación de memoria, cartucho de reloj calendario y puerto de comunicación RS 485 o RS 232C suplementario, que permiten ajustarse a las necesidades de la aplicación.

La figura II.3 muestra las características de los PLC de las series TWDLCAA40DRF y TWDLCAE40DRF, además integran funciones avanzadas como son:

- Puerto de red Ethernet 100Base-TX integrado: sólo para TWDLCAE40DRF
- Reloj de tiempo real (RTC) integrado.
- Un cuarto contador rápido (FC).
- Soporte de batería externa.

Bases Compactas							
Alimentación CPU	Número de E/S	Entradas Sink/Source	Salidas	Memoria Programa	Nº Módulos Ampliación E/S	Tipo de Conexión	Referencia
100...240 Vac	10 E/S	6 E 24 Vdc	4 S Relé	700 Inst.	No	Bornera	TWDLCAA10DRF
	16 E/S	9 E 24 Vdc	7 S Relé	2000 Inst.	No	Bornera	TWDLCAA16DRF
	24 E/S	14 E 24 Vdc	10 S Relé	3000 Inst.	4 Módulos	Bornera	TWDLCAA24DRF (1)
	40 E/S	24 E 24 Vdc	2 S Tr. 14 S Relé	3000 Inst.	7 Módulos	Bornera	<b>TWDLCAA40DRF (2)</b>
24 Vcc	10 E/S	6 E 24 Vdc	4 S Relé	700 Inst.	No	Bornera	TWDLCAA10DRF
	16 E/S	9 E 24 Vdc	7 S Relé	2000 Inst.	No	Bornera	TWDLCAA16DRF
	24 E/S	14 E 24 Vdc	10 S Relé	3000 Inst.	4 Módulos	Bornera	TWDLCAA24DRF (1)
	24 E/S	14 E 24 Vdc	10 S Relé 2S Tr.	3000 Inst.	4 Módulos	Bornera	TWDLCAA24DRF (1)
	40 E/S	24 E 24 Vdc	14 S Relé	3000 Inst.	7 Módulos	Bornera	TWDLCAA24DRF (2)



TWD LC●A/LC●E 40DRF

Figura II.3: Características PLC TWDLCAA40DRF

### 2.1.1.1 Descripción de los componentes de un controlador compacto

Los controladores Twido compactos están formados por los componentes que ilustra la figura II.4:

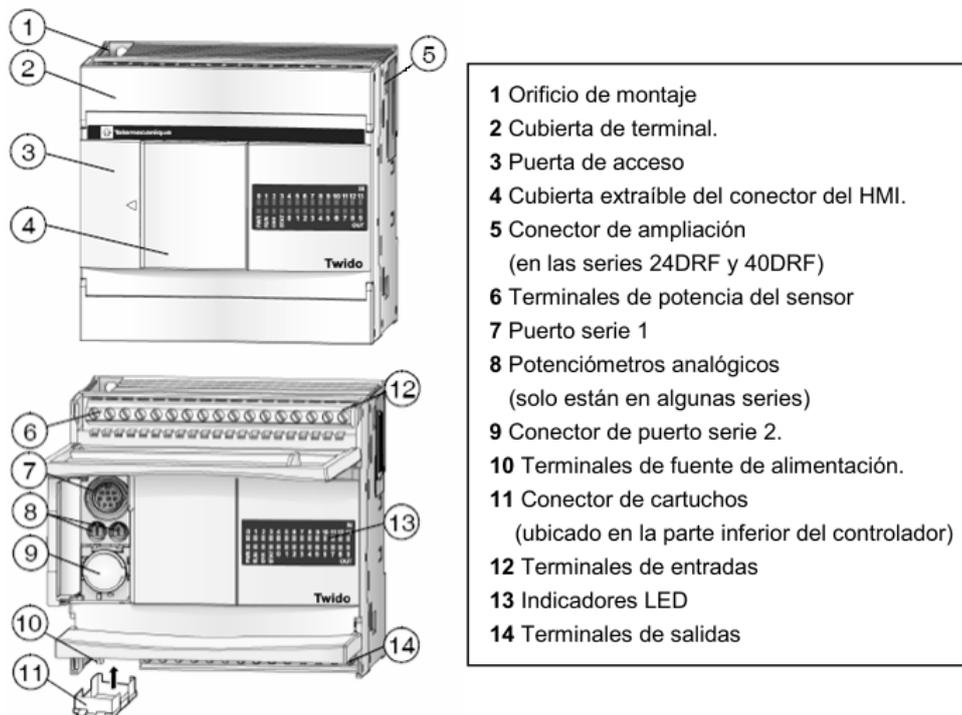


Figura II.4: Partes de un controlador compacto

### 2.1.1.2 Módulos de ampliación

Los módulos de ampliación nos confieren a nuestro controlador Twido la mayor adaptabilidad posible a las diferentes aplicaciones dentro de su campo de acción, pudiéndose ajustar el dispositivo lo máximo posible a cada una de las aplicaciones concretas con el ahorro de coste que ello comporta.

### 2.1.1.3 Módulos de E/S digitales

Existen una amplia gama de módulos distintos de entradas/salidas TON Twido que permiten completar las entradas/salidas integradas tanto en las bases compactas ampliables como en las bases modulares, pudiendo cada usuario adaptar el controlador a las necesidades de su aplicación, optimizando así los costes. Algunos de estos módulos se observan en la figura II.5.



**Figura II.5:** Ejemplos de módulos de E/S digitales

La descripción de los 15 tipos de tarjetas, se divide en módulos de entradas, módulos de salida y módulos híbridos de entradas y salidas, también diferenciándose por el tipo de conexión:

Módulos de entradas TON con alimentación a 24 Vcc.

- 8 Entradas de bornero extraíble.
- 16 Entradas de bornero extraíble.
- 8 Entradas de conector TELEFAST.
- 16 Entradas de conector TELEFAST.

Módulo de entradas TON con alimentación a 120 Vac.

- 8 Entradas de bornero extraíble.

Módulos mixtos de entradas y salidas con alimentación a 24 Vcc.

- 16 Entradas/8 Salidas Relé 2 A, de conexión por resorte.
- 4 Entradas/4 Salidas Relé 2 A, de bornero extraíble.

Módulos de salidas con bornero extraíble:

- 8 Salidas Relé 2 A.
- 16 Salidas Relé 2 A.
- 8 Salidas Transistor 0,3 A PNP con alimentación a 24Vcc.
- 8 Salidas Transistor 0,3 A NPN con alimentación a 24 Vcc.

Módulos de salidas con conector TELEFAST:

- 16 Salidas Transistor 0,1 A PNP con alimentación a 24Vcc.
- 16 Salidas Transistor 0,1 A NPN con alimentación a 24 Vcc.
- 32 Salidas Transistor 0,1 A PNP con alimentación a 24Vcc.
- 32 Salidas Transistor 0,1 A NPN con alimentación a 24 Vcc.

Los elementos electrónicos internos y las vías de entradas/salidas de todos los módulos de entradas/salidas TON están aislados mediante foto acoplador. En la figura II.6 se muestra el Módulo de entradas digitales que estamos usando.



**TWD DDI 8DT**

Módulos de Entradas Discretas					
Tensión de entrada	Nº de Vías	Tipo	Número de puntos comunes	Tipo Conexión	Referencia
24 Vdc	8	Sink/Source	1	Bornera	<b>TWD DDI 8DT</b>
	16	Sink/Source	1	Bornera	<b>TWD DDI 16DT</b>
	16	Sink/Source	1	Conector HE 10 (1)	<b>TWD DDI 16DK</b>
	32	Sink/Source	2	Conector HE 10 (1)	<b>TWD DDI 32DK</b>
120 Vac	8	-	-	Bornera	<b>TWD DAI 8DT</b>

**Figura II.6:** Módulo de entradas digitales de la mesa de control

#### 2.1.1.4 Módulos de E/S analógicas

Los módulos de ampliación de entradas analógicas Twido permiten obtener diferentes valores analógicos presentes en las aplicaciones industriales. Los de salidas analógicas se utilizan para dirigir los preaccionadores en unidades físicas, como variadores de velocidad, válvulas y aplicaciones que requieran control de procesos. En la figura II.7 se pueden ver ejemplos de módulos de E/S analógicas.



**Figura II.7:** Ejemplos de módulos de E/S analógicas

Las entradas y salidas analógicas vendrán definidas en función del valor analógico, puede ser la corriente o la tensión, incluso valores de resistencia para los casos de temperatura.

Los módulos de entradas/salidas analógicas, tendrán la conexión del tipo bornero extraíble. Los módulos de entradas/salidas analógicas se elegirán teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Por el número de entradas/salidas: 2, 4 y 8
- Por el tipo de señal analógica:
- Señal de Tensión de 0...10 V
- Señal de corriente de 0...20 mA
- Señal de corriente de 4...20 mA
- Señal de entrada termopar del tipo K, J y T.
- Señal de entrada PTC del tipo Pt 100/1000, Ni100/1000 rango de temperatura entre 50...150 °C.

Existe un tipo de módulo mixto que presentan entradas y salidas analógicas en el mismo cuerpo. Los módulos analógicos Twido ofrecen una resolución de 10 bits, 11bits + signo y 12 bits, con conexión mediante bornero con tornillo desenchufable. Es necesario instalar una alimentación externa de 24 Vcc para cada módulo analógico.

Los elementos electrónicos internos y las vías de entradas/salidas de todos los módulos de entradas/salidas analógicas están aislados mediante foto acoplador. El módulo de E/S analógicas de nuestro módulo de control se ve en la figura II.8.



### Módulos Mixtos de Entradas y Salidas Analógicas

Tipo de Vías	Rango de Entradas	Rango de Salidas	Resolución	Referencia
2 entradas 1 salida	0..10 V 4..20 mA	0..10 V 4..20 mA	12 bits	<b>TWD AMM 3HT</b>
2 entradas 1 salida	Termopar K, J, T Pt 100 (3 hilos)	0..10 V 4..20 mA	12 bits	<b>TWD ALM 3LT</b>
4 entradas 2 salidas	0..10 V 4..20 mA	0..10 V 4..20 mA	12 bits	<b>TWDL AMM 6HT</b>

**Figura II.8:** Módulo de E/S analógicas

**2.1.1.5 Módulo de Salida por Relé.** Se detallan sus características funcionales en la tabla II.I.

Características de salidas relé						
Tipo de relé inteligente			SR2●●●/ SR3 B101●●	SR3 B261●●, SR3 XT141●●		
Valores límites de operación			V	--- 5...150. ≈ 24...250	--- 5...150. ≈ 24...250	
Tipo de contacto				NA	NA	
Corriente térmica			A	8	8 salidas: 8 A 2 salidas: 5 A	
Duración eléctrica para 500.000 ciclos de operación	Categoría de utilización	DC-12	V	24	24	
			A	1.5	1.5	
	DC-13	V	24 (L/R = 10 ms)	24 (L/R = 10 ms)		
		A	0.6	0.6		
	AC-12	V	230	230		
		A	1.5	1.5		
	AC-15	V	230	230		
		A	0.9	0.9		
	Capacidad mínima de conmutación	Con tensión mínima de 12 V		mA	10	10
	Fiabilidad de conmutación del contacto en baja potencia				12 V - 10 mA	12 V - 10 mA
Frecuencia de operación	Sin carga		Hz	10	10	
	A le (corriente de operación)		Hz	0.1	0.1	
Durabilidad mecánica				10	10	
Tensión asignada de resistencia a los choques			kV	4	4	
Tiempo de respuesta	Activación		ms	10	10	
	Desactivación		ms	5	5	

**Tabla II.I:** Características de funcionamiento del Módulo de Salida por Relé

## **2.1.2 NORMAS DE CONTROL: IEC 61131-3, IEC 61131-5 DE PLC EN HARDWARE**

Hasta hace poco, para la programación de los PLC, existían gran variedad de especificaciones de fabricante en los lenguajes y dialectos. Esta variedad de lenguajes de programación provocaba problemas a la hora de querer comunicar diferentes Placas entre ellos.

Parte 1: Ordenanzas de los conceptos generales y propiedades de la funciones

Parte 2: Exigencias funcionales elec. mec. en los aparatos.

Parte 3: Cinco lenguajes de programación

Parte 4: Instrucciones iguales para todas las fases del proyecto.

Parte 5: Comunicación entre Placas de diferentes fabricantes

### **2.1.2.1 IEC 61131-3: Un recurso de programación estándar**

En la actualidad aún siguen persistiendo sistemas de control específicos del fabricante, con programación dependiente y conexión compleja entre distintos sistemas de control. Esto significa para el usuario costos elevados, escasa flexibilidad y falta de normalización en las soluciones al control industrial.

IEC 61131 es el primer paso en la estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar. Esta norma se divide en cinco partes:

- Parte 1: Vista general.
- Parte 2: Hardware.
- Parte 3: Lenguaje de programación.

- Parte 4: Guías de usuario.
- Parte 5: Comunicación.

IEC 61131-3 es la base real para estandarizar los lenguajes de programación en la automatización industrial, haciendo el trabajo independiente de cualquier compañía.

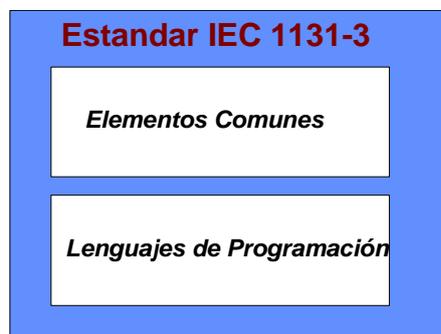
Hay muchas maneras de describir el trabajo desarrollado en la tercera parte de esta norma, indicaremos algunas de ellas son:

IEC 61131-3 es el resultado del gran esfuerzo realizado por 7 multinacionales a los que se añaden muchos años de experiencia en el campo de la automatización industrial.

- Incluye 200 páginas de texto aproximadamente, con más de 60 tablas.
- IEC 61131-3 son las especificaciones de la sintaxis y semántica de un lenguaje de programación, incluyendo el modelo de software y la estructura del lenguaje.

Otra visión distinta es dividir el estándar en dos partes indicadas por la figura II.9:

- Elementos comunes.
- Lenguajes de programación.



**Figura II.9:** Estándar IEC 1131-3

## **2.1.2.2 Elementos Comunes**

### **2.1.2.2.1 Tipos de datos**

Dentro de los elementos comunes, se definen los tipos de datos. Los tipos de datos previenen de errores en una fase inicial, como por ejemplo la división de un dato tipo fecha por un número entero. Los tipos comunes de datos son: variables booleanas, número entero, número real, byte y palabra, pero también fechas, horas del día y cadenas (strings).

Basado en estos tipos de datos, el usuario puede definir sus propios tipos de datos, conocidos como tipos de datos derivados. De este modo, se puede definir por ejemplo un canal de entrada analógica como un tipo de dato.

### **2.1.2.2.2 Variables**

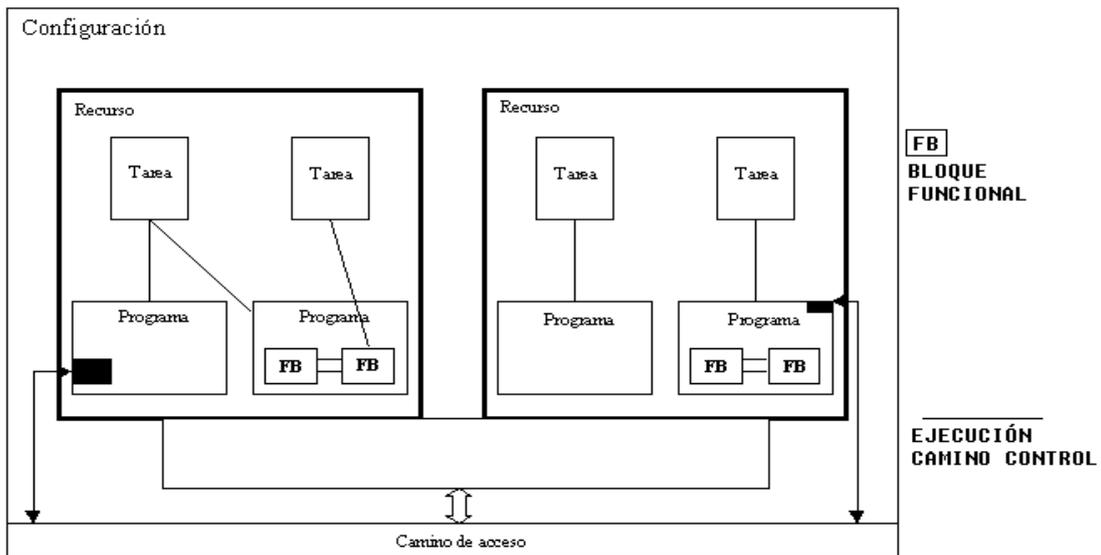
Las variables permiten identificar los objetos de datos cuyos contenidos pueden cambiar, por ejemplo, los datos asociados a entradas, salidas o a la memoria del autómata programable. Una variable se puede declarar como uno de los tipos de datos elementales definidos o como uno de los tipos de datos derivados. De este modo se crea un alto nivel de independencia con el hardware, favoreciendo la reusabilidad del software.

La extensión de las variables está normalmente limitada a la unidad de organización en la cual han sido declaradas como locales. Esto significa que sus nombres pueden ser reutilizados en otras partes sin conflictos, eliminando una frecuente fuente de errores. Si las variables deben tener una extensión global, han de ser declaradas como globales utilizando la palabra reservada `VAR_GLOBAL`. Pueden ser asignados

parámetros y valores iniciales que se restablecen al inicio, para obtener la configuración inicial correcta.

### 2.1.2.2.3 Configuración, recursos y tareas

Para entender esto mejor, vamos a ver el modelo de software, que define IEC 61131-3 indicado por la figura II.10.



**Figura II.10:** Configuración, recursos y tareas

Al más alto nivel, el elemento software requerido para solucionar un problema de control particular puede ser formulado como una configuración. Una configuración es específica para un tipo de sistema de control, incluyendo las características del hardware: procesadores, direccionamiento de la memoria para los canales de I/O y otras capacidades del sistema.

Dentro de una configuración, se pueden definir uno o más recursos. Se puede entender el recurso como un procesador capaz de ejecutar programas IEC.

Con un recurso, pueden estar definidas una o más tareas. Las tareas controlan la ejecución de un conjunto de programas y/o bloques de función. Cada una de ellos puede ser ejecutada periódicamente o por una señal de disparo especificada, como el cambio de estado de una variable.

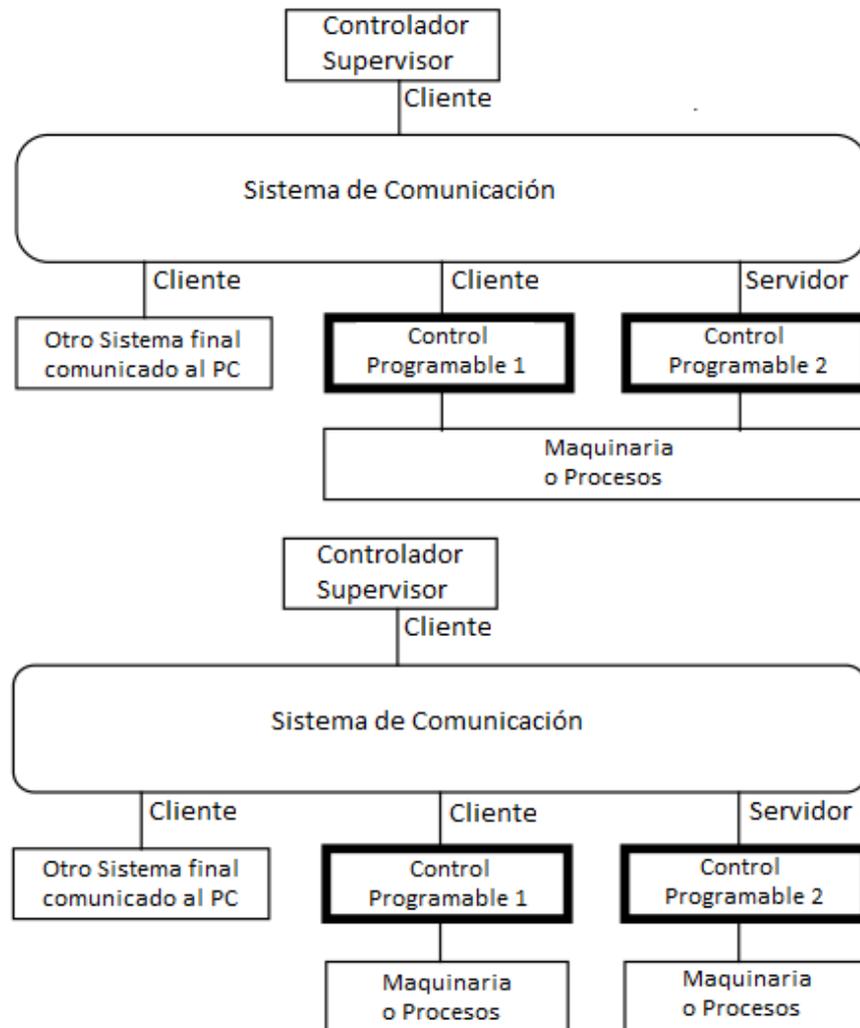
Los programas están diseñados a partir de un diferente número de elementos de software, escrito en algunos de los distintos lenguajes definidos en IEC 61131-3. Típicamente, un programa es una interacción de Funciones y Bloques Funcionales, con capacidad para intercambiar datos. Funciones y bloques funcionales son las partes básicas de construcción de un programa, que contienen una declaración de datos y variables y un conjunto de instrucciones.

Comparado esto con un PLC convencional, éste contiene un solo recurso, ejecutando una tarea que controla un único programa de manera cíclica. IEC 61131-3 incluye la posibilidad de disponer de estructuras más complejas. El futuro que incluye multiprocesamiento y gestión de programas por eventos ¡Y no está muy lejos!, observar simplemente las características de los sistemas distribuidos o los sistemas de control de tiempo real. IEC 61131-3 está disponible para un amplio rango de aplicaciones, sin tener que conocer otros lenguajes de programación adicionales.

#### **2.1.2.2.4 Modelo de Red de Comunicación del Controlador Programable (PC)**

Un autómata programable suministra algunas funciones específicas al resto del sistema de control. También podrá solicitar las funciones de otros sistemas de automatización.

La figura II.11 muestra los dispositivos de una red de comunicación, que muestra tres posibles dispositivos que la solicitud de las funciones de PC (clientes) de la PC 2.

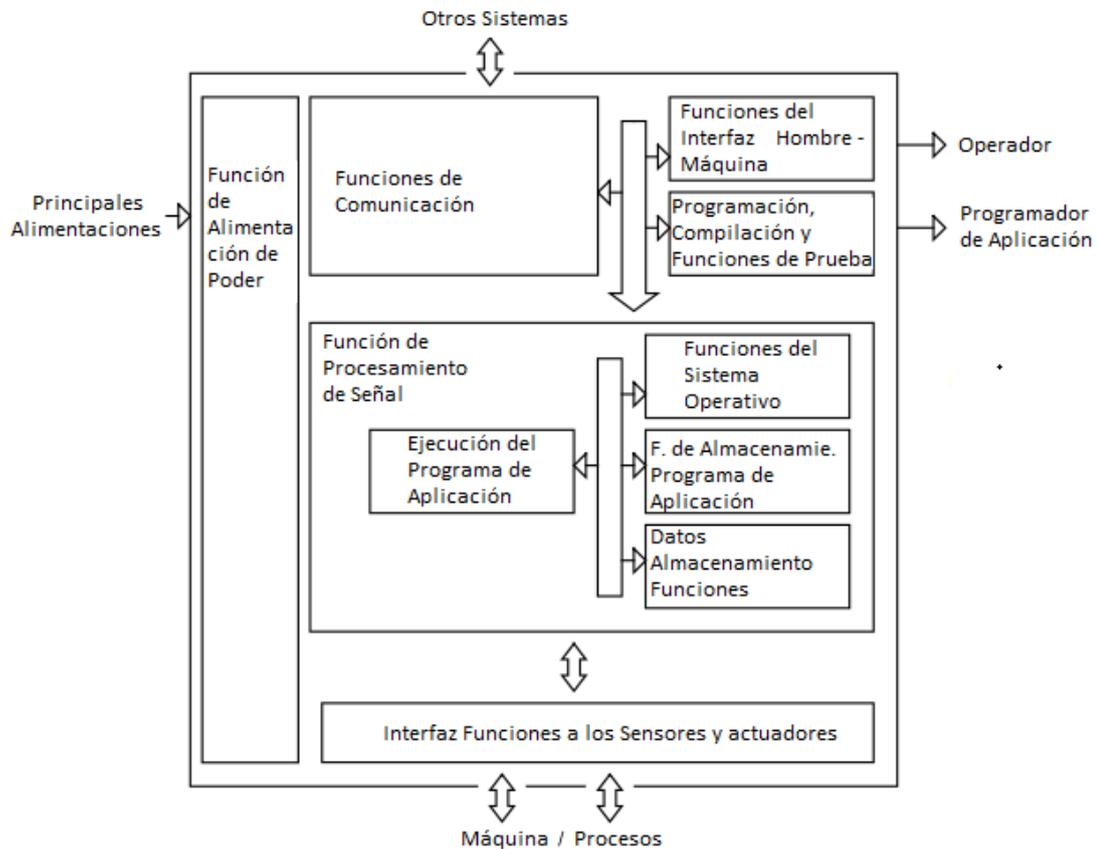


**Figura II.11:** Dispositivos de una red de comunicación

#### 2.1.2.2.5 Modelo Funcional del PC

Un PC se compone de varias funciones, consulte la siguiente figura. Para una PC dentro del ámbito de esta parte de la norma IEC 61131, por lo menos una función de comunicación está presente. La figura II.12 es tomada de la norma

IEC 61131-1. Está diseñada para ilustrar algunos de los subsistemas de una PC típica.



**Figura II.12:** Modelo Funcional del PC

Hay una función que es parte del sistema de PC, pero por lo general externo a la propia PC, conocido como la herramienta de programación y depuración (PADT). El PADT se modela como la interacción con el PC a través de la función de comunicaciones. La función de interfaz para sensores y actuadores pueden tener E/S los cuales son locales o remotos a la Unidad de Procesamiento principal. La función de interfaz para sensores y actuadores tiene dos atributos para cada programa de aplicación los cuales definen la como el PC esta monitoreando y controlando las Máquinas/Procesos. El atributo de entrada tiene los siguientes estados:

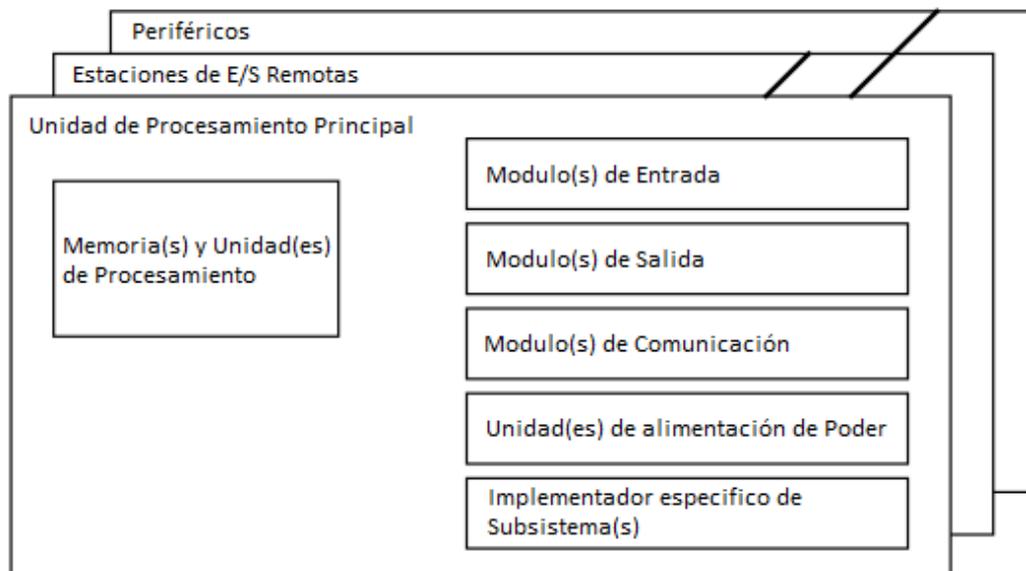
- Aportaciones al programa de aplicación están siendo suministrados por los sensores
- Aportaciones al Programa de Aplicación están siendo detenidos en el estado actual.

El atributo de salida tiene los siguientes estados:

- Los actuadores están siendo controlados por el programa de aplicación
- Los actuadores se están llevando a cabo en el estado actual.

#### 2.1.2.2.6 Modelo de Hardware del PC

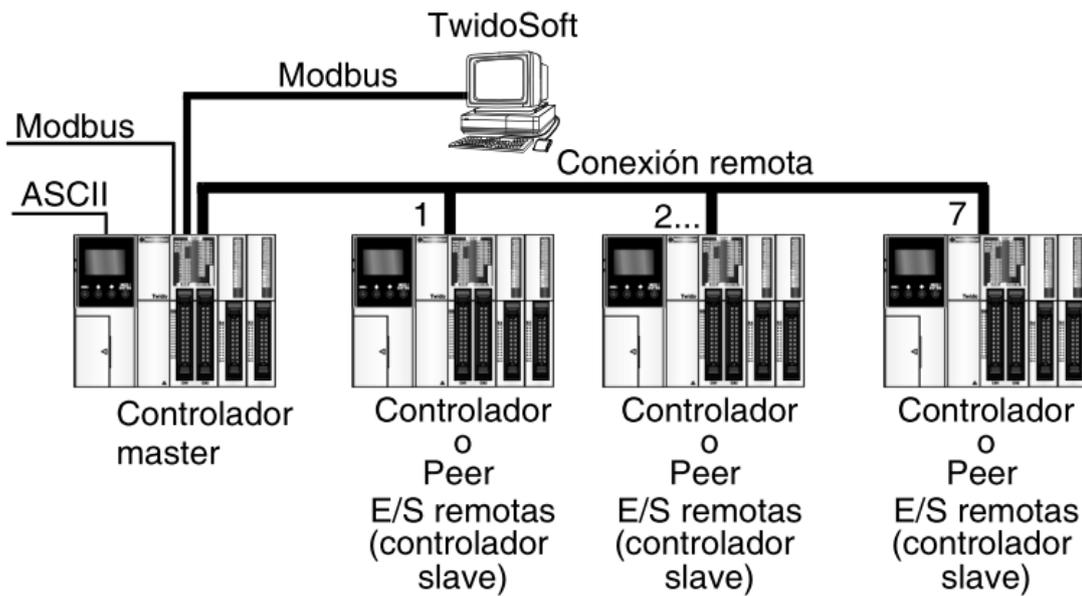
La figura II.13 muestra el modelo de hardware de PC. Que muestra los módulos que componen un PC. Un subsistema de PC se compone de uno o más módulos.



**Figura II.13:** Modelo de Hardware del PC

#### 2.1.2.2.7 Arquitectura de Comunicaciones

En la figura II.14 se muestra una arquitectura de comunicaciones con los tres protocolos.



**Figura II.14:** Arquitectura de comunicaciones

#### 2.1.2.2.8 Distribución de componentes

Es norma que el PLC se sitúe en un armario metálico. Antes de elegir el mismo se ha desconocer si éste necesita ventilador incorporado para forzar la ventilación del aire, debido a que la temperatura ambiente supere la especificada, o bien si se prevén problemas de condensación, para incorporar un elemento generador de calor que la elimine.

Tanto si es así como si no, éste se elegirá del tamaño adecuado para que contenga de uniforme despejada no sólo el PLC, sino todos los elementos que se encuentren junto a él, de modo que se pueda realizar un correcto trabajo en las operaciones de cableado y mantenimiento.

Los elementos a que hacíamos alusión pueden ser los siguientes:

- Interruptor o interruptores de alimentación.

- Las protecciones correspondientes.
- Relés, contactores, etc.
- Fuentes de alimentación.
- Regletas de bornas.
- Canaletas de cableado.

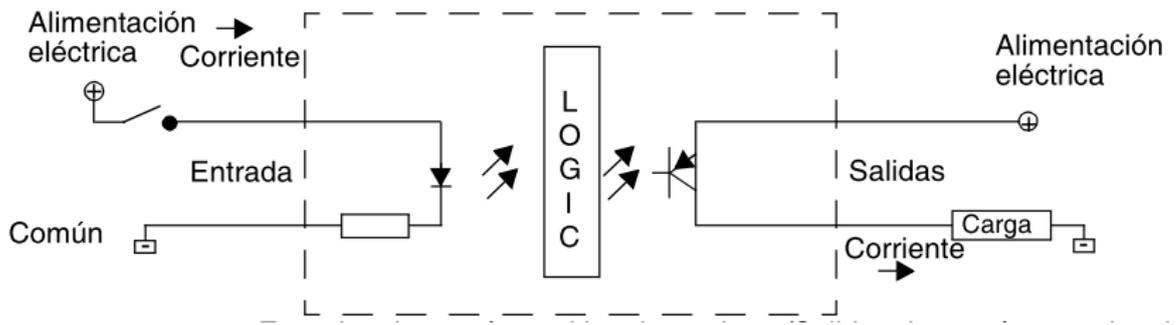
El PLC puede situarse en distintas posiciones, pero, en general, este se sitúa verticalmente sobre riel DIN o placa perforada. En cuanto a su distribución, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los elementos disipadores de calor se situarán en la parte superior del armario, principalmente el PLC y las fuentes de alimentación, para así facilitar la disipación del calor generado al exterior
- Los elementos electromecánicos como, por ejemplo, relés, contactores, etc., son generadores de campos magnéticos debido a sus bobinas, por lo que es recomendable alejarlos lo más posible, al igual que, los transformadores estarán lo más alejados posible de cualquier parte de los PLC.

En todo caso cada instalador a partir de las consideraciones anteriores hará su propia distribución.

#### **2.1.2.2.9 Explicación de entradas de común negativo/salidas de común positivo**

Común positivo: corresponde al común de los sensores con (+) de la fuente de alimentación, como se muestra en la figura II.15.

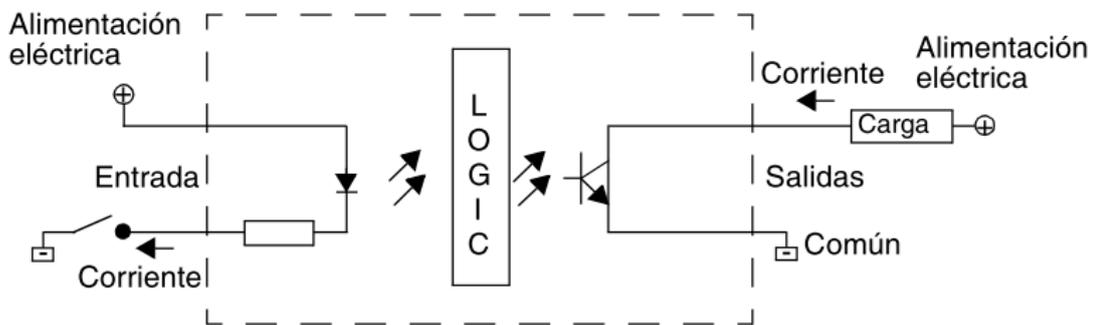


**Figura II.15:** Conexión de entradas de común negativo/salidas de común positivo

El terminal de campo COM de las entradas se conecta al terminal «-» o al común de la fuente de alimentación de campo. El terminal COM de las salidas se conecta a una fuente de alimentación de +24 V.

### 2.1.2.2.10 Explicación de las entradas de común positivo/salidas de común negativo

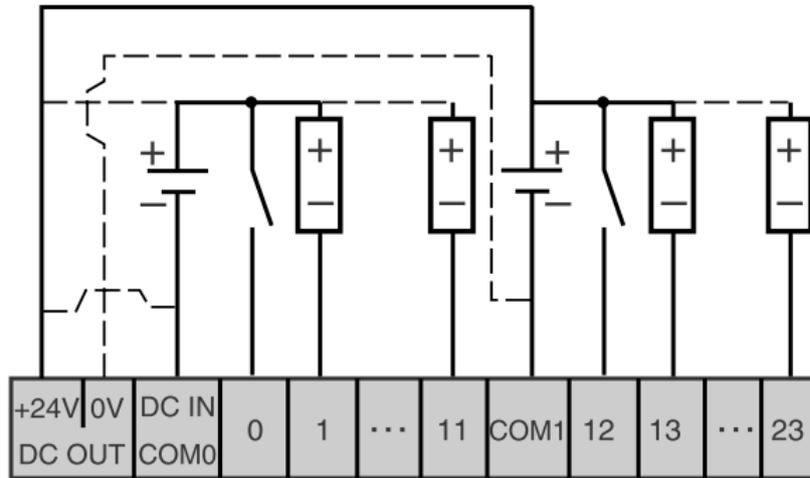
Común negativo: corresponde al común de los sensores con (-) de la fuente de alimentación, como se muestra en la figura II.16.



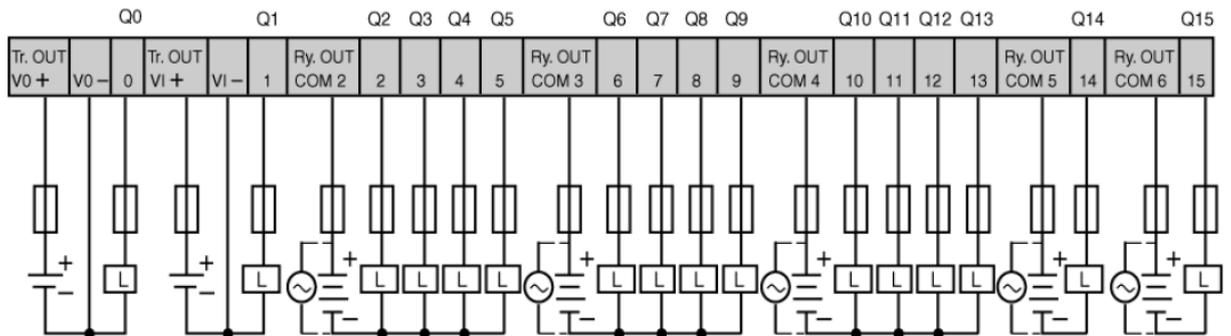
**Figura II.16:** Conexión de entradas de común positivo/salidas de común negativo

El terminal COM de las entradas se conecta a una fuente de alimentación de +24 V. El terminal COM de las salidas se conecta al terminal «-» o al común de la fuente de

alimentación. El esquema de cableado de entradas de común positivo de CC se ilustra en la figura II.17. El esquema de cableado de salidas de relé y transistor de CA en la figura II.18. Y el cableado de los módulos de E/S analógicas con RTD y termocupla se ilustra en la figura II.19. La conexión del Telefast en la figura II.20.



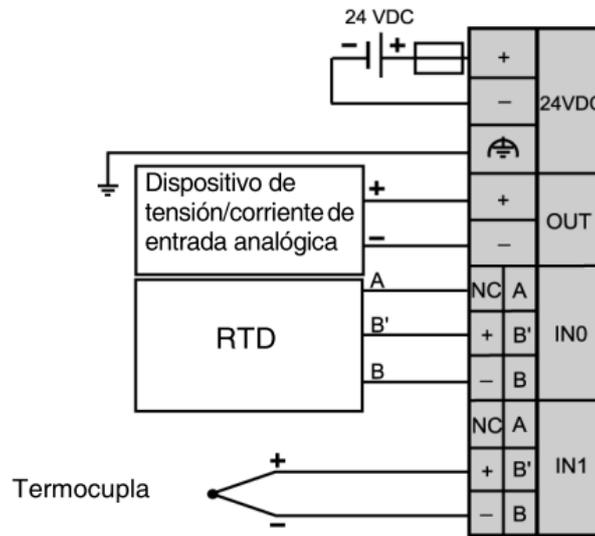
**Figura II.17:** Esquema de cableado de entradas de común positivo de CC



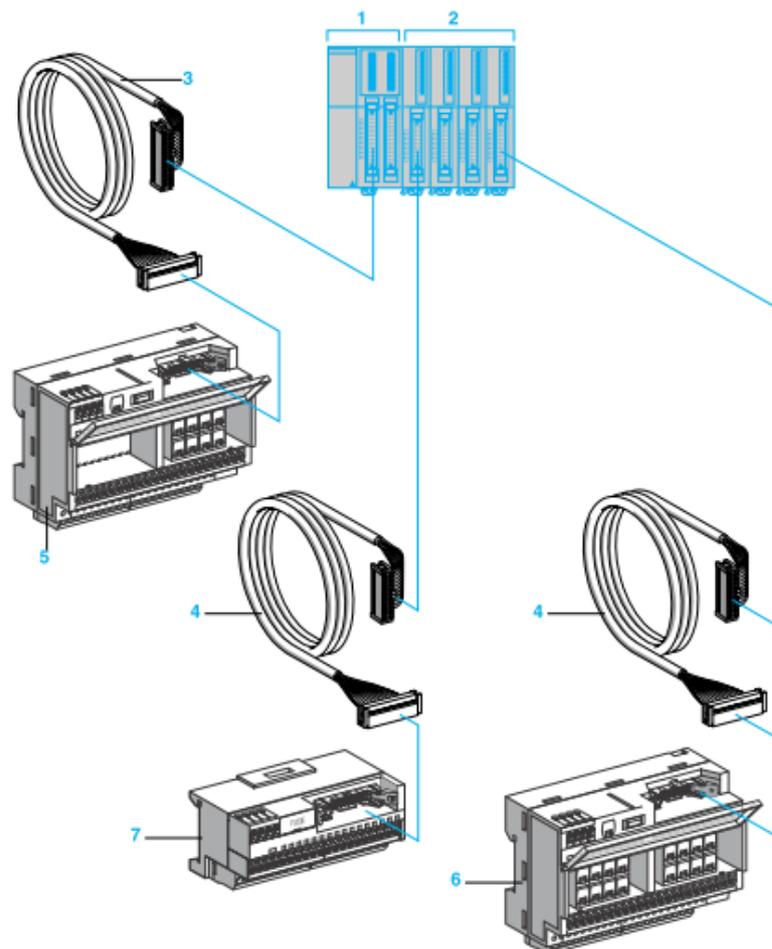
**No se permite la polaridad inversa en la salida del transistor**

**Figura II.18:** Esquema de cableado de salidas de relé y transistor de CA

### Cableado en 3 hilos



**Figura II.19:** Cableado eléctrico de módulos de E/S analógicas



**Figura II.20:** Conexión del Telefast entre el PLC y las borneras

## **2.2 SCADA**

SCADA viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Acquisition", es decir: adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. Los programas necesarios, y en su caso el hardware adicional que se necesite, se denomina en general sistema SCADA.

### **2.2.1 Introducción**

El objetivo principal de la automatización industrial consiste en gobernar la actividad y la evolución de los procesos sin la intervención continua de un operador humano. En los últimos años, se ha estado desarrollado un sistema, denominado SCADA, el cuál permite supervisar y controlar, las distintas variables que se encuentran en un proceso o planta determinada. Para ello se deben utilizar distintos periféricos, software de aplicación, unidades remotas, sistemas de comunicación, etc..., los cuales permiten al operador mediante la visualización en una pantalla de computador, tener el completo acceso al proceso. Existen como sabemos varios sistemas que permiten controlar y supervisar, como lo son: PLC, DCS y ahora SCADA, que se pueden integrar y comunicar entre sí, mediante una red Ethernet, y así mejorar en tiempo real, la interfaz al operador.

### 2.2.2 Descripción general

Un sistema SCADA es una aplicación o conjunto de aplicaciones software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta mediante la comunicación digital con los instrumentos y actuadores e interfaz gráfica de alto nivel con el. Aunque inicialmente solo era un programa que permitía la supervisión y adquisición de datos en procesos de control, en los últimos tiempos han ido surgiendo una serie de productos hardware y buses especialmente diseñados para éste tipo de sistemas. La interconexión de los sistemas SCADA también es propia, se realiza una interfaz del PC a la planta centralizada, cerrando el lazo sobre el ordenador principal de supervisión. El sistema permite comunicarse con los dispositivos de campo (autómatas programables, sistemas de dosificación, etc.) para controlar el proceso en forma automática desde la pantalla del ordenador, que es configurada por el usuario y puede ser modificada con facilidad. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios. Un ejemplo de SCADA se ve en la figura II.21

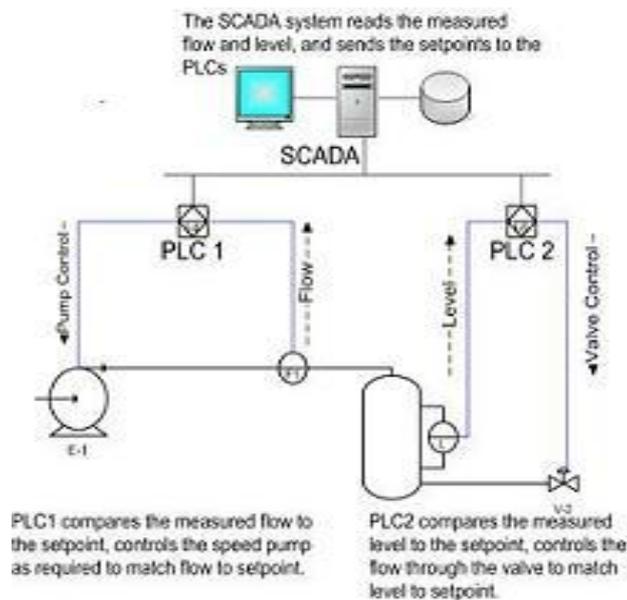


Figura II.21: Sistema SCADA en áreas industriales.

Estas áreas pueden ser:

- Monitorizar procesos químicos, físicos o de transporte en sistemas de suministro de agua, para controlar la generación y distribución de energía eléctrica, de gas o en oleoductos y otros procesos de distribución.
- Gestión de la producción (facilita la programación de la fabricación).
- Mantenimiento (proporciona magnitudes de interés tales para evaluar y determinar modos de fallo, MTBF, índices de Fiabilidad, entre otros).
- Administración (actualmente pueden enlazarse estos datos del SCADA con un servidor ERP (Enterprise Resource Planning o sistema de planificación de recursos empresariales), e integrarse como un módulo más)

### **2.2.3 Características de un sistema SCADA**

Los sistemas SCADA, en su función de sistemas de control, dan una nueva característica de automatización que realmente pocos sistemas ofrecen: la de supervisión. Sistemas de control hay muchos y muy variados y todos bien aplicados, ofrecen soluciones óptimas en entornos industriales. Lo que hace de los sistemas SCADA una herramienta diferenciadora es la característica de control supervisado. De hecho, la parte de control viene definida y supeditada, por el proceso a controlar, y en última instancia, por el hardware e instrumental de control (PLCs, controladores lógicos, armarios de control) o los algoritmos lógicos de control aplicados sobre la planta los cuales pueden existir previamente a la implantación del sistema SCADA,

el cual se instalará sobre y en función de estos sistemas de control. (Otros sistemas SCADA pueden requerir o aprovechar el hecho que implantamos un nuevo sistema de automatización en la planta para cambiar u optimizar los sistemas de control previos.)

En consecuencia, supervisamos el control de la planta y no solamente monitorizamos las variables que en un momento determinado están actuando sobre la planta; esto es, podemos actuar y variar las variables de control en tiempo real, algo que pocos sistemas permiten con la facilidad intuitiva que dan los sistemas SCADA. Se puede definir la palabra supervisar como ejercer la inspección superior en determinados casos, ver con atención o cuidado y someter una cosa a un nuevo examen para corregirla o repararla permitiendo una acción sobre la cosa supervisada. La labor del supervisor representa una tarea delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo; de ésta acción depende en gran medida garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. En el supervisor descansa la responsabilidad de orientar o corregir las acciones que se desarrollan. Por lo tanto tenemos una toma de decisiones sobre las acciones de últimas de control por parte del supervisor, que en el caso de los sistemas SCADA, estas recaen sobre el operario.

Esto diferencia notablemente los sistemas SCADA de los sistemas clásicos de automatización donde las variables de control están distribuidas sobre los controladores electrónicos de la planta y dificulta mucho una variación en el proceso de control, ya que estos sistemas una vez implementados no permiten un control a tiempo real óptimo. La función de monitorización de estos sistemas se realiza sobre un PC industrial ofreciendo una visión de los parámetros de control sobre la pantalla

de ordenador, lo que se denomina un HMI (Human Machine Interface), como en los sistemas SCADA, pero sólo ofrecen una función complementaria de monitorización: Observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías (Definición Real Academia de la Lengua)

Es decir, los sistemas de automatización de interfaz gráfica tipo HMI básicos, ofrecen una gestión de alarmas en formato rudimentarias mediante las cuales la única opción que le queda al operario es realizar una parada de emergencia, reparar o compensar la anomalía y realizar un reset. En los sistemas SCADA, se utiliza un HMI interactivo el cual permite detectar alarmas y a través de la pantalla solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en tiempo real. Esto otorga una gran flexibilidad a los sistemas SCADA. En definitiva, el modo supervisor del HMI de un sistema SCADA no solamente señala los problemas, sino lo más importante, orienta en los procedimientos para solucionarlos. A menudo, las palabras SCADA y HMI inducen cierta confusión en los profanos (frecuentemente alentada por los mismos fabricantes en su afán de diferenciar el producto o exaltar comercialmente el mismo). Ciertamente es que todos los sistemas SCADA ofrecen una interfaz gráfica PC-Operario tipo HMI, pero no todos los sistemas de automatización que tienen HMI son SCADA. La diferencia radica en la función de supervisión que pueden realizar estos últimos a través del HMI.

- Ejecutar acciones de control, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas,

menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

- Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación
- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- Transmisión, de información con dispositivos de campo y otros PC.
- Presentación, representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface).

Las prestaciones que puede ofrecernos un sistema Scada son las siguientes:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del ordenador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso el programa total sobre el autómeta.

#### **2.2.4 Componentes de hardware**

Un sistema SCADA, como aplicación de software industrial específica, necesita ciertos componentes inherentes de hardware en su sistema, para poder tratar y

gestionar la información captada.

Ordenador Central o MTU (Master Terminal Unit): Se trata del ordenador principal del sistema el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones, bien sean otros ordenadores conectados (en sistemas complejos) a los instrumentos de campo o directamente sobre dichos instrumentos. Este ordenador suele ser un PC, el cual soporta el HMI. De esto se deriva que el sistema SCADA más sencillo es el compuesto por un único ordenador, el cual es el MTU que supervisa toda la estación.

Las funciones principales de la MTU son:

- Interroga en forma periódica a las RTU's, y les transmite consignas; siguiendo usualmente un esquema maestro-esclavo.
- Puede ejecutar software especializado que cumple funciones específicas asociadas al proceso supervisado por el SCADA. Por ejemplo, software para detección de pérdidas en un oleoducto.
- Ordenadores Remotos o RTUs (Remote Terminal Unit): Estos ordenadores están situados en los nodos estratégicos del sistema gestionando y controlando las subestaciones del sistema, reciben las señales de los sensores de campo, y comandan los elementos finales de control ejecutando el software de la aplicación SCADA. Se encuentran en el nivel intermedio o de automatización, a un nivel superior está el MTU y a un nivel inferior los distintos instrumentos de campo que son los que ejercen la automatización

física del sistema, control y adquisición de datos. Estos ordenadores no tienen por qué ser PCs, ya que la necesidad de soportar un HMI no es tan grande a este nivel, por lo tanto suelen ser ordenadores industriales tipo armarios de control, aunque en sistemas muy complejos pueden haber subestaciones intermedias en formato HMI. Una tendencia actual es la de dotar a los PLCs (en función de las E/S a gestionar) con la capacidad de funcionar como RTUs gracias a un nivel de integración mayor y CPUs con mayor potencia de cálculo. Esta solución minimiza costes en sistemas donde las subestaciones no sean muy complejas sustituyendo el ordenador industrial mucho más costoso. Un ejemplo de esto son los nuevos PLCs (adaptables a su sistema SCADA Experion PKS (PowerKnowledgeSystem)) de Honeywell o los de Motorola MOSCAD, de implementación mucho más genérica.

- Red de comunicación: Éste es el nivel que gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de ordenadores desde el sistema. El tipo de BUS utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema y del software escogido para implementar el sistema SCADA, ya que no todos los software (así como los instrumentos de campo como PLCs) pueden trabajar con todos los tipos de BUS. Hoy en día, gracias a la estandarización de las comunicaciones con los dispositivos de campo, podemos implementar un sistema SCADA sobre prácticamente cualquier tipo de BUS. Podemos encontrar SCADAs sobre formatos estándares como los RS-232, RS-422 y RS-485 a partir de los cuales, y mediante un protocolo TCP/IP, podemos conectar el sistema sobre un bus en configuración DMS ya

existente; pasando por todo tipo de buses de campo industriales, hasta formas más modernas de comunicación como Bluetooth (Bus de Radio), Micro-Ondas.

A parte del tipo de BUS, existen interfaces de comunicación especiales para la comunicación en un sistema SCADA como puede ser módems para estos sistemas que soportan los protocolos de comunicación SCADA y facilitan la implementación de la aplicación. Otra característica de las comunicaciones de un sistema SCADA es que la mayoría se implementan sobre sistemas WAN de comunicaciones, es decir, los distintos terminales RTU pueden estar deslocalizados geográficamente.

- Instrumentos de Campo: Son todos aquellos que permiten tanto realizar la automatización o control del sistema (PLCs, controladores de procesos industriales, y actuadores en general) como los que se encargan de la captación de información del sistema (sensores y alarmas). Una característica de los Sistemas SCADA es que sus componentes son diseñados por distintos proveedores, sin coordinación entre sí. Así, se tienen diferentes proveedores para las RTUs (incluso es posible que un sistema utilice RTUs de más de un proveedor), módems, radios, minicomputadores, software de supervisión e interface con el operador, software de detección de pérdidas, etc.

### 2.3 Métodos de Programación

Se definen cuatro lenguajes de programación normalizados. Esto significa que su sintaxis y semántica ha sido definida, no permitiendo particularidades distintivas (dialectos). Una vez aprendidos se podrá usar una amplia variedad de sistemas basados en esta norma.

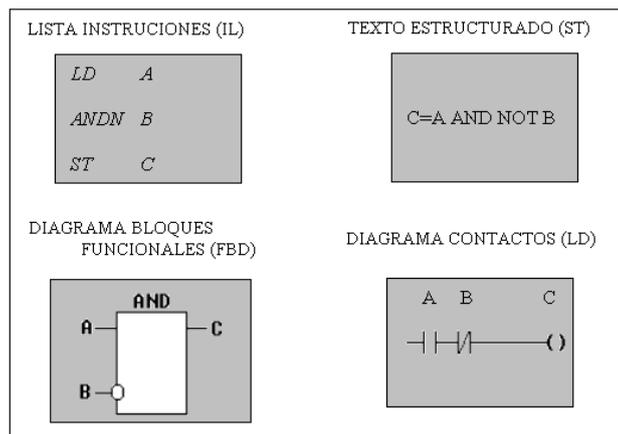
Los lenguajes consisten en dos de tipo literal y dos de tipo gráfico, para ilustrarlo en forma gráfica se lo puede ver en la figura II.22:

Literales:

- Lista de instrucciones (IL).
- Texto estructurado (ST).

Gráficos:

- Diagrama de contactos (LD).
- Diagrama de bloques funcionales (FBD).



**Figura II.22:** Lenguajes de Programación

En la figura II.22, los cuatro programas describen la misma acción. La elección del lenguaje de programación depende de:

- Los conocimientos del programador
- El problema a tratar
- El nivel de descripción del proceso
- La estructura del sistema de control
- La coordinación con otras personas o departamentos.

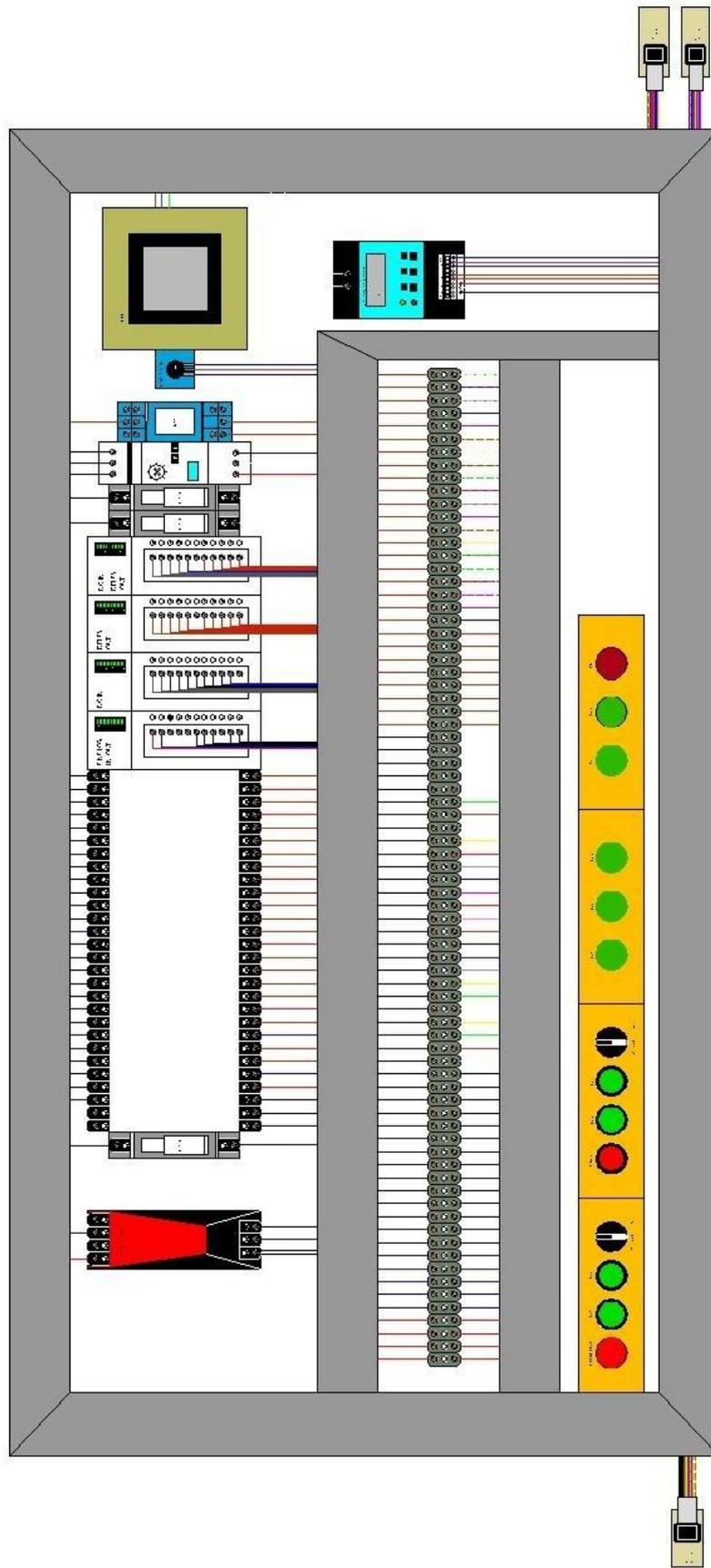
Los cuatro lenguajes están interrelacionados y permiten su empleo para resolver conjuntamente un problema común según la experiencia del usuario. El Diagrama de contactos (LD) tiene sus orígenes en los Estados Unidos. Está basado en la presentación gráfica de la lógica de relés. Lista de Instrucciones (IL) es el modelo de lenguaje ensamblador basado un acumulador simple; procede del alemán 'Anweisungsliste, AWL. El Diagramas de Bloques Funcionales (FBD) es muy común en aplicaciones que implican flujo de información o datos entre componentes de control. Las funciones y bloques funcionales aparecen como circuitos integrados y es ampliamente utilizado en Europa. El lenguaje Texto estructurado (ST) es un lenguaje de alto nivel con orígenes en el Ada, Pascal y 'C'; puede ser utilizado para codificar expresiones complejas e instrucciones anidadas; este lenguaje dispone de estructuras para bucles (REPEAT-UNTIL; WHILE-DO), ejecución condicional (IF-THEN-ELSE; CASE), funciones (SQRT, SIN, etc.).

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL**

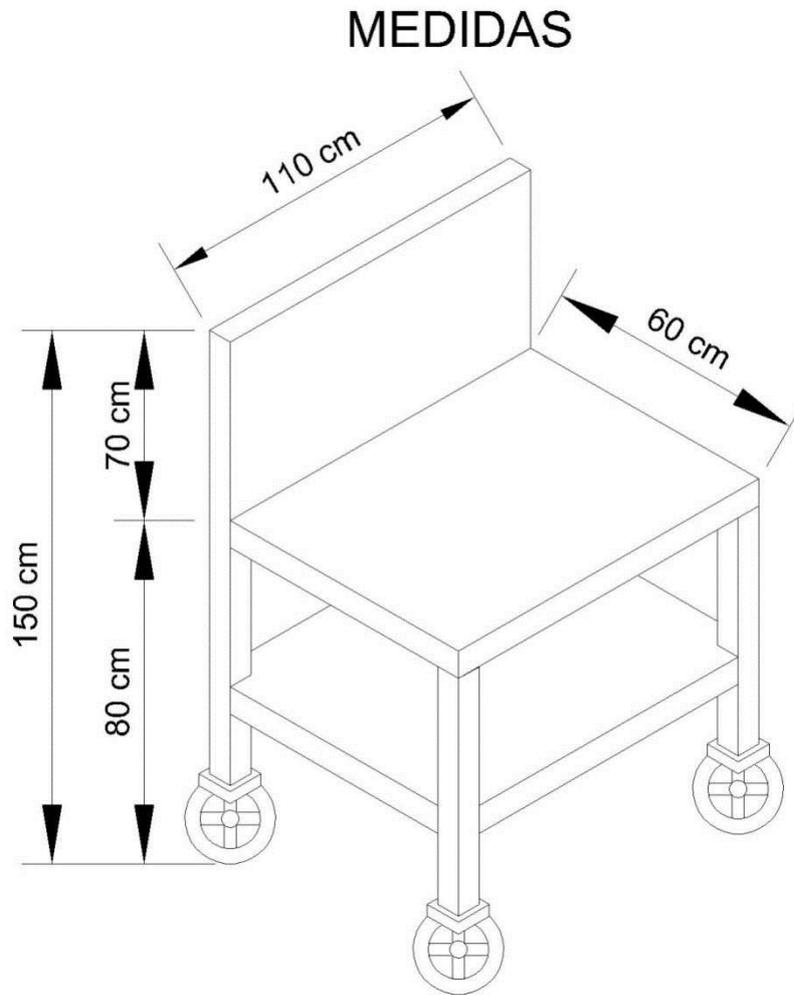
#### **3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS DISPOSITIVOS EN EL MÓDULO DE CONTROL**

Para el diseño de la parte física de los dispositivos en el módulo de control se ha tenido en consideración el cumplimiento de las normas IEC 61131-3 y 61131-5 que se explicaron anteriormente. Se puede apreciar en la figura III.1.



**Figura III.1:** Disposición física de los materiales del Módulo de Control

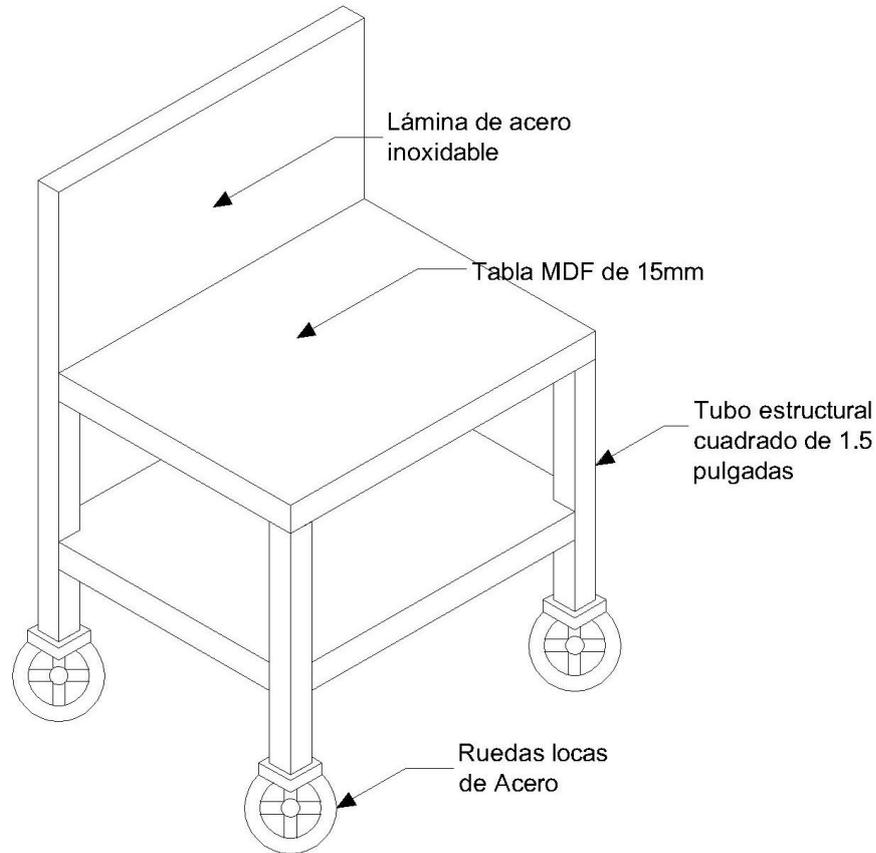
3.1.1Diseño de la mesa de control. Se ilustra en la figura III.2



**Figura III.2:** Diseño estructural de la mesa de control

**3.1.2 Materiales de la mesa de control.** Se ilustra en la figura III.3

## MATERIALES



**Figura III.3:** Materiales de la mesa de control

### **3.1.3 Conexión interna de los dispositivos del módulo de control**

La disposición física y su respectivo cableado del modulo de control total se adjunta como anexo

### **3.1.4 Conexión entre el PLC, módulos de ampliación y demás entradas y salidas con el módulo de control**

Ahora detallaremos la disposición de E/S de los 3 módulos con referencia a las borneras del modulo de control

El registro de Entradas se especifica en la Tabla III.I y de Salidas en la Tabla III.II.

REGISTRO DE ENTRADAS

Utilización	Módulo de Mezclado					BMC	
Nombre	Termocupla		RTD			EMERGENCIA	PV1
Núm. Bornera	1	2	3	4	5	6	7
Dirección	%IW 1.1		%IW 1.0			%I 0.0	%I 0.1
Módulo/PLC	1º Módulo. Entradas Analógicas					PLC	

Utilización	Botonera del Módulo de Control (BMC)						
Nombre	PV2	S11	S12	PROJO	PV3	PV4	S21
Núm. Bornera	8	9	10	11	12	13	14
Dirección	%I 0.2	%I 0.3	%I 0.4	%I 0.5	%I 0.6	%I 0.7	%I 0.8
Módulo/PLC	PLC						

Utilización	BMC	Módulo de Mezclado				Módulo de Envasado	
Nombre	S22	SN1	SN2	SN3	SONDA	SC1	SC2
Núm. Bornera	15	16	17	18	19	20	21
Dirección	%I 0.9	%I 0.10	%I 0.11	%I 0.12	%I 0.13	%I 0.14	%I 0.15
Módulo/PLC	PLC						

Utilización	Módulo de Envasado						
Nombre	SC3	SC4	SC5	SC6	SO1	SO2	SO3
Núm. Bornera	22	23	24	25	26	27	28
Dirección	%I 0.16	%I 0.17	%I 0.18	%I 0.19	%I 0.20	%I 0.21	%I 0.22
Módulo/PLC	PLC						

Utilización	Módulo de Paletizado (MP)						
Nombre	SC1A	SC1C	SC2A	SC2C	SO4	SI1	SI2
Núm. Bornera	29	30	31	32	33	34	35
Dirección	%I 0.23	%I 2.0	%I 2.1	%I 2.2	%I 2.3	%I 2.4	%I 2.5
Módulo/PLC	PLC	2º Módulo. Entradas Digitales (2º MED)					

Utilización	MP	Libres (Sin Uso)				
Nombre	SI3	-	-	-	-	-
Núm. Bornera	36	37	38	39	40	41
Dirección	%I 2.6	%I 2.7	%I 4.0	%I 4.1	%I 4.2	%I 4.3
Módulo/PLC	2º MED		4º Módulo. Entradas Digi. y Salidas por Relé			

**Tabla III.I:** Registro de entradas

REGISTRO DE SALIDAS

Utilización	Señalización del Módulo de Control						ME
Nombre	FV1	FV2	FV3	FV4	FV5	FR6	RB
Núm. Bornera	1	2	3	4	5	6	7
Dirección	%Q 0.0	%Q 0.1	%Q 0.2	%Q 0.3	%Q 0.4	%Q 0.5	%Q 0.6
Módulo/PLC	PLC						

Utilización	Módulo de Mezclado						Libre
Nombre	V1	V2	V3	MO1	MO2	RE	-
Núm. Bornera	8	9	10	11	12	13	14
Dirección	%Q 0.7	%Q 0.8	%Q 0.9	%Q 0.10	%Q 0.11	%Q 0.12	%Q 0.13
Módulo/PLC	PLC						

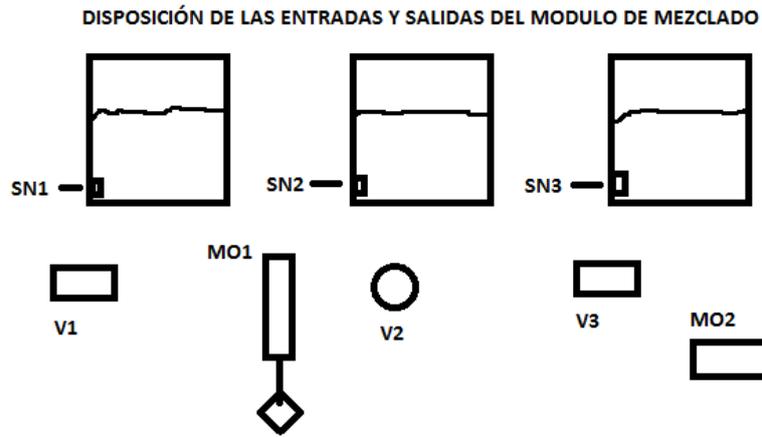
Utilización	Libres (Sin Uso)		Módulo de Envasado (ME)				
Nombre	-	-	C1	C2	C3	C4	C5
Núm. Bornera	15	16	17	18	19	20	21
Dirección	%Q 0.14	%Q 0.15	%Q 3.0	%Q 3.1	%Q 3.2	%Q 3.3	%Q 3.4
Módulo/PLC	PLC		3º Módulo. Salidas por Relé				

Utilización	ME	Libre	Módulo de Paletizado				
Nombre	C6	-	C1P	C2P	C3P	R1	R2
Núm. Bornera	22	23	24	25	26	27	28
Dirección	%Q 3.5	%Q 3.6	%Q 3.7	%Q 4.0	%Q 4.1	%Q 4.2	%Q 4.3
Módulo/PLC	3º Módulo. Salidas por Relé			4º Módu. Entradas Digi. Y Salí. por Relé			

**Tabla III. II:** Registro de salidas

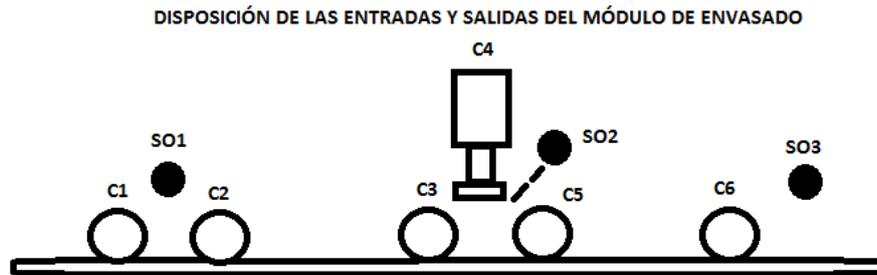
**3.1.5 Disposición física de las entradas y salidas de los tres módulos.**

**3.1.5.1 Módulo de Mezclado.** Se ilustra en la figura III.4.



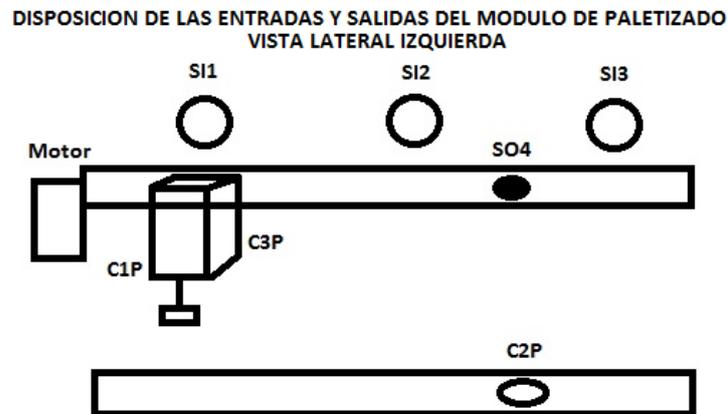
**Figura III.4:** Disposición general de las E/S del M. de Mezclado

**3.1.5.2 Módulo de Envasado.** Se ilustra en la figura III.5.



**Figura III.5:** Disposición general de las E/S del M. de Envasado

**3.1.5.3 Módulo de Paletizado.** Se ilustra en la figura III.6.



**Figura III.6:** Disposición general de las E/S del M. de Paletizado

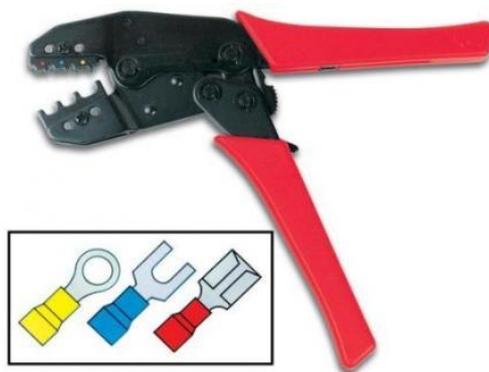
## 3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL

### 3.2.1 Montaje de los equipos en el módulo de Control.

Las terminales pre-aisladas tipo pin sirven para alimentar eléctricamente accesorios con espacio limitado en su punto de conexión. Las terminales pre-aisladas tipo pin se utilizan específicamente para el conexionado en borneras y regletas en tableros, tomacorrientes y otros accesorios, donde existen limitaciones de espacio para introducir el cable. En nuestro caso se lo utilizan para el conexionado del PLC, los módulos de expansión con las borneras y de ahí con todas las entradas y salidas. La figura III.7 muestra un ejemplo de los terminales pre-aislados. La figura III.8 muestra la herramienta ponchadora o también llamada crimpadora de los terminales.



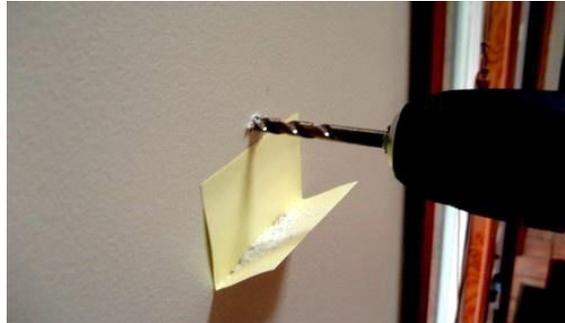
**Figura III.7:** Terminales pre-aislados



**Figura III.8:** Herramienta ponchadora de los terminales

Con el posicionado de los materiales que se planificó en el diseño anterior procedemos también a montarlos sobre la lámina de acero inoxidable de nuestra

mesa de control. Señalamos, punteamos y realizamos los huecos con el taladro a la lata con una broca de pulgada y media. Como se ilustra en la figura III.9



**Figura III.9:** Huequeado del panel para montar los equipos

Colocamos cada componente de nuestro panel de control con sus respectivos tornillos y arandelas de presión, como se puede ver en la figura III.10. En este orden, por el lado frontal del panel insertamos el tornillo, por el lado contrario ponemos la rodela, arandela de presión y la tuerca. Como muestra la figura III.11.



**Figura III.10:** Materiales de sujeción de los equipos en el panel



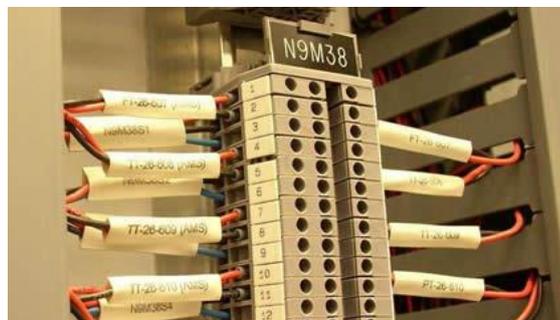
**Figura III.11:** Disposición en el panel de los materiales de sujeción

El mismo proceso de huequeado y sujeción de los equipos repetimos para sujetar el riel DIN y las canaletas.

### 3.2.2 Conexiones, borneras y terminales de cables

Hay mucho que decir respecto a los detalles que se deben tener en cuenta para realizar el cableado de una señal eléctrica. No solamente un cableado bien realizado o "pulcro" ayudara una rápida solución de problemas, sino también nos permiten una gran facilidad para realizar ampliaciones y modificaciones en los sistemas de control. Existen diferentes técnicas para conectar conductores eléctricos: trenzados, soldados, prensados (usando conectores a compresión) y de sujeción son ejemplos populares. En el campo industrial se utilizan una combinación de conectores a compresión llamados "terminales" y los terminales roscables o "borneras" para sujetar cables de instrumentación y otros cables.

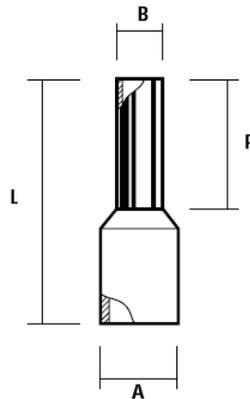
En la figura III.12 se muestra un típico terminal tripa o bloque terminal para señales de cables pares trenzados conectados a otro cable par trenzado. Debe destacarse el hecho de que los cables deben en lo posible salir de forma perpendicular de la canaleta a los módulos del panel de control donde estos serán conectados.



**Figura III.12:** Ejemplo de un correcto cableado

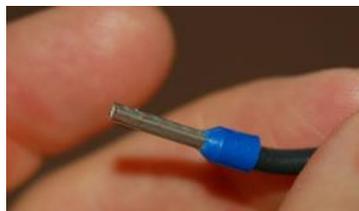
Si miramos de cerca la figura III.15, podemos ver las bases de los terminales a compresión al final de los cables, precisamente donde son insertados en el bloque terminal. Estos bloques terminales usan "bornes" que tienen unas pequeñas pernos para aplicar fuerza y sujetar a los terminales de los cables de instrumentación haciendo un contacto metal con metal dentro de cada bloque.

Para crimpar los terminales a los cables también debe considerarse el hecho de que en los cables su engaste se realiza exclusivamente por la parte de cobre. También que el pelado del cable ha de ser  $\pm$  igual de largo "P" de la puntera. Como se muestra en la figura III.13:



**Figura III.13:** Variables a considerar para un correcto crimpado

En la figura III.14 muestra como los terminales a compresión lucen en la terminación de un cable:

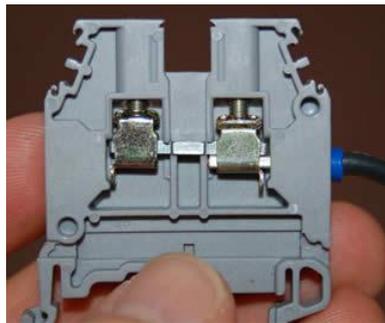


**Figura III.14:** Cable crimpado

Es evidente que en la figura de arriba solo muestra el terminal a compresión solo en un solo hilo del par, pero siempre va instalado en un par de terminales en cada lado

del par de cable. En borneras de conexión simple como el dela figura arriba, el par de hilos de cada cable (uno positivo y otro negativo) son instalados a mano en las borneras, el hilo positivo siempre esta a la parte izquierda y con numeración impar y el hilo negativo en siempre en el lado derecho (del hilo positivo) y con numeración par. Para nuestro caso envés de realizarse tal numeración se ha realizado un plano al cual basarse en el capitulo anterior. Por ello en esta sección nos remitimos a seguir simplemente con la implementación del mismo para que cumpla el objetivo previsto.

En la figura III.15 podemos ver el interior de una bornera simple mostrando como los terminales a compresión son instalados y como es que hacen la conexión (en este caso el lado derecho).



**Figura III.15:** Conexión de cable crimpado a una bornera

Después de estas consideraciones de implementación y basándonos en el plano del tema anterior hemos logrado implementar de una forma correcta nuestro modulo de control como lo ilustran las siguientes figuras. En la figura III.16 se ve la Mesa de Control. En la figura III.17 se ve la disposición de los equipos en el panel de control.



**Figura III.16:** Mesa de Control



**Figura III.17:** Disposición de los equipos en el panel de control

En la figura III.18 se aprecia el conexionado de los equipos de la parte superior de la Mesa de Control. En la figura III.19 se ve el montaje del HMI y del potenciómetro que funciona como control de velocidad del variador de frecuencia



**Figura III.18:** Conexionado de los equipos de la parte superior



**Figura III.19:** Montaje del HMI y del control de velocidad del motor

La figura III.20 muestra el montaje del variador de frecuencia y en la figura III.21 las conexiones de las borneras. En la figura III.22 se aprecia el montaje de la botonera.



**Figura III.20:** Montaje del variador de frecuencia



**Figura III.21:** Conexión de las borneras

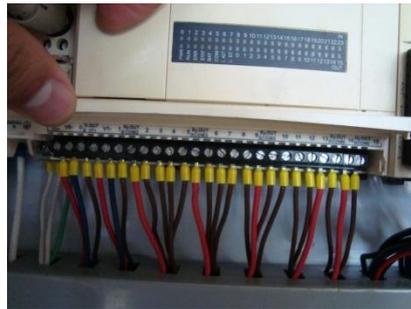


**Figura III.22:** Montaje de la botonera

Por último en la figura III.23 se observa el conexionado de las entradas del PLC y en la figura III.24 el conexionado de las salidas del PLC.



**Figura III.23:** Conexión de las entradas del PLC



**Figura III.24:** Conexión de las salidas del PLC

### 3.3 PROGRAMACIÓN

#### 3.3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS

Se visualiza el diagrama de flujo de todo el Sistema a controlar en la figura III.25

El contador C nos sirve para controlar que existan solamente dos botellas al final del módulo de envasado para ser posteriormente llevado al pallete. El contador A lo utilizamos para controlar la posición de los cilindros que trasladan las botellas al pallete. Para que la primera vez, cuando  $A=1$ , se lleven las botellas al fondo del pallete. Cuando  $A=2$ , se lleven las botellas al inicio del pallete. Ambas variables son reiniciadas automáticamente cuando vuelven a realizarse estos procesos.



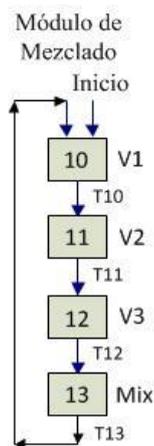
### 3.3.2 Programa del módulo de control

Se adjunta como anexo el programa final utilizado y transferido al PLC

### 3.3.3 Graficet de los módulos de Mezclado, Envasado y Paletizado

#### 3.3.3.1 Módulo de Mezclado

Se ocuparon las memorias M10 hasta la M13 para los estados. La secuencia como se observa es de la válvula V1, válvula V2, válvula V3 y el mezclador de líquidos. Las condiciones de arranque es pulsar el pulsador de Inicio (PV1) y que la Sonda no emita señal por no existir líquido en el tanque principal. En la figura III.26 se puede apreciar el Graficet del módulo de Mezclado.

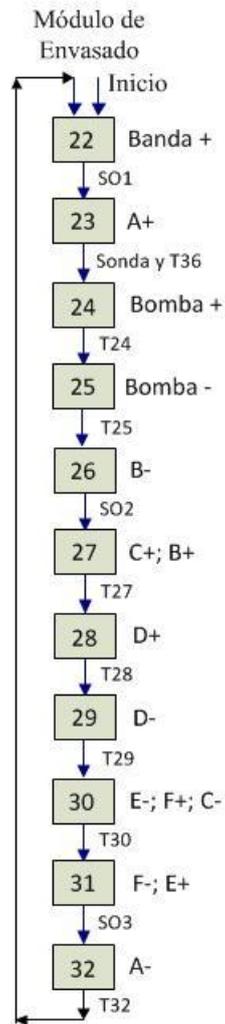


**Figura III.26:** Graficet Módulo de Mezclado

#### 3.3.3.2 Módulo de Envasado

Se ocuparon las memorias M22 hasta la M32 para los estados. La secuencia como se observa es Banda (Banda+), A+, Bomba+, Bomba-, B-, C+ y B+ (al mismo tiempo), D+, D-, E- y F+ y C-, F- y E+, A+. Las equivalencias de los cilindros con el nombre real son: A=Cilindro C1, B=Cilindro C2, C=Cilindro C3, D=Cilindro C4, E=Cilindro C5, F=Cilindro C6. Cuando llamamos a un cilindro junto a un signo positivo quiere decir que su vástago está hacia afuera. Con un signo negativo cuando el vástago está

hacia adentro. Los cilindros B y E en su posición normal están con su vástago hacia afuera, su lógica es inversa, al darlos un pulso de aire estos entran y al quitarles el pulso salen. La condición de arranque de estas secuencias es que exista líquido en el tanque principal y esto se lo ve cuando la sonda emita señal. En la figura III.27 se puede apreciar el Grafcet del módulo de Mezclado.



**Figura III.27:** Grafcet Módulo de Envasado

### 3.3.3.3 Módulo de Paletizado

Se ocuparon las memorias M62 hasta la M79. La secuencia de Activación es G+, I+, G-, AM, G+, I-, G-, RM, G+, I+, G-, AM, G+, I-, G-, RM, H+, H-.

Las equivalencias de los cilindros con el nombre real son:

G=Cilindro C1P, I=Cilindro C3, H=Cilindro C2. Para el avance del motor (AM) que mueve el cilindro C1P y C3P desde el final de la Banda hasta el pallete es necesaria la activación de los relés R1 y R2. Para el regreso del motor (RM) debe estar activado sólo el relé R1. Cuando el vástago de un cilindro está hacia afuera, por ejemplo G+, es detectado por un sensor g1, por ende ese es la condición de cambio de estado entre M62 y M63. Si está el vástago de un cilindro hacia adentro, como G-, es detectado por un sensor g0 y esa es la condición de cambio de estado. Como sucede entre M64 y M65.

Las correspondencias de los sensores de los cilindros con la tabla de entradas son:

$g1=SC1A$ ,  $g0=SC1C$ ,  $h1=SC2A$ ,  $h0=SC2C$

La condición de funcionamiento de estas secuencias es la existencia de 2 botellas en el fondo de la banda. Cuando el contador del SO3 detecta que han atravesado 2 botellas, en ese momento se ejecutan los estados M62 hasta M69. Después se detienen estos estados hasta que haya dos botellas más en el fondo de la banda. Esto implica que el contador del SO3 detecte que ya han pasado cuatro botellas. Entonces continúan los estados del módulo de paletizado desde M70 hasta M79. Se expulsa el pallete y se reinicia el contador. En la figura III.28 se puede apreciar el Grafset del módulo de Paletizado.

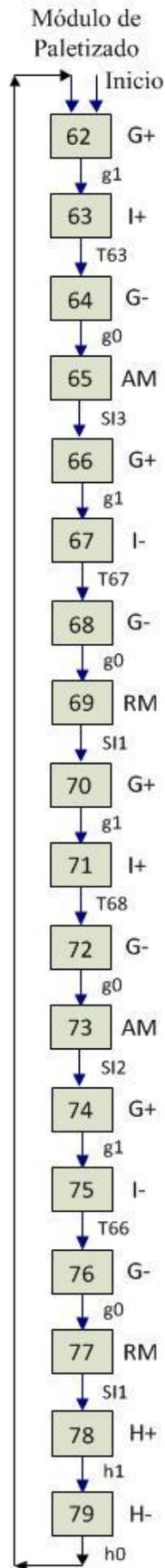


Figura III.28: Grafcet Módulo de Paletizado

### 3.4 SISTEMA SCADA

#### 3.4.1 SCADA ENTRE EL PLC TELEMECANIQUE Y LOS PROCESOS

En la figura III.29 se visualiza el diagrama P&ID del sistema SCADA. Se señala el hecho que él se encarga de la supervisión de datos y del HMI.

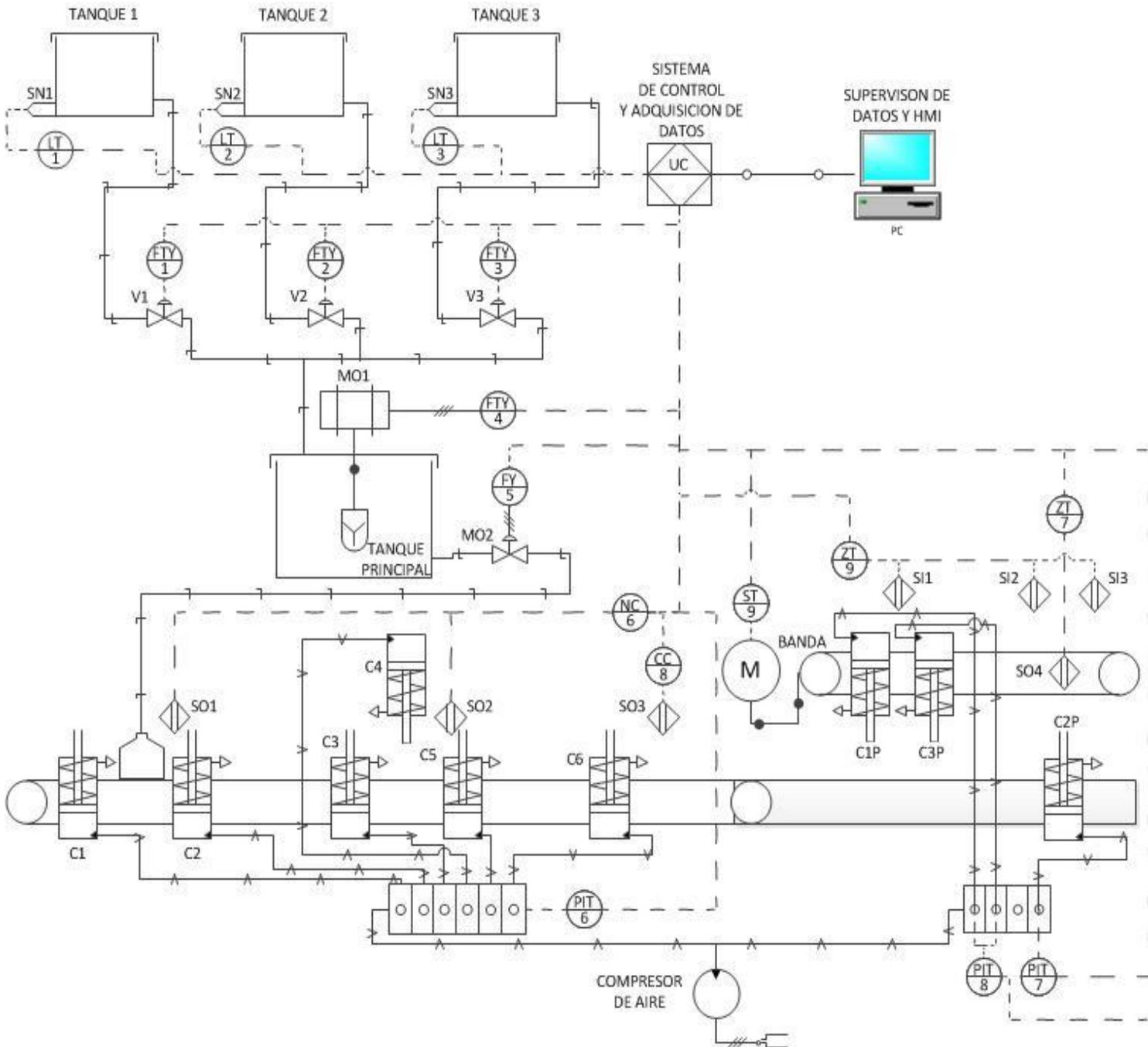


Figura III.29: Diagrama P&ID de todo el Sistema a controlar

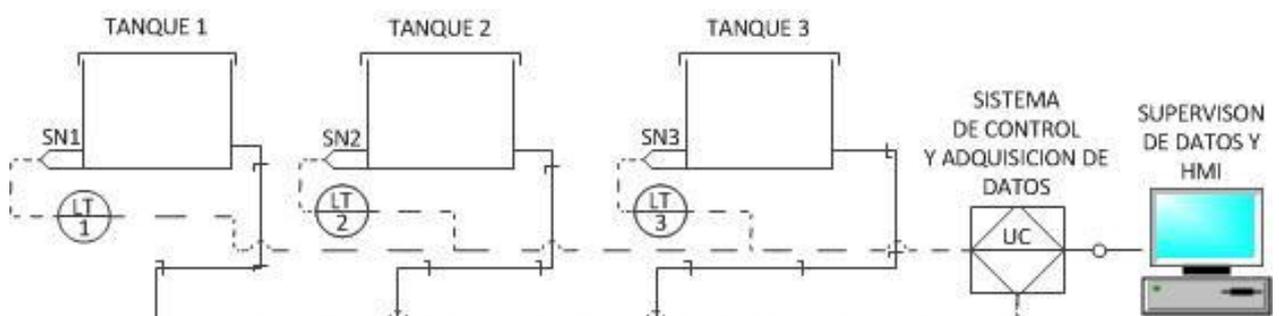
En nuestro sistema SCADA la función de S=Supervisión lo ejecutará el operario con la ayuda del HMI realizado en labview instalado en el PC. Este nos da información sobre la falta o no de líquido, botellas o palletes y demás estados de las entradas y salidas del módulo de control. El PLC realizará la función de DA=Adquisición de datos de las señales que emitan las entradas y salidas de los módulos de Mezclado, Envasado y Paletizado. En base a esta información obtenida el mismo PLC se encargará de realizar la función de C=Control pues determinará las acciones correctivas para la solución de los problemas.

### 3.4.2 DETERMINACIÓN DE TERMINALES REMOTAS EN EL MÓDULO DE CONTROL

Con ese fin analizamos las conexiones lógicas de cada módulo a controlar con respecto al PLC. Lo que también se llaman lazos de control.

#### 3.4.2.1 Módulo de mezclado

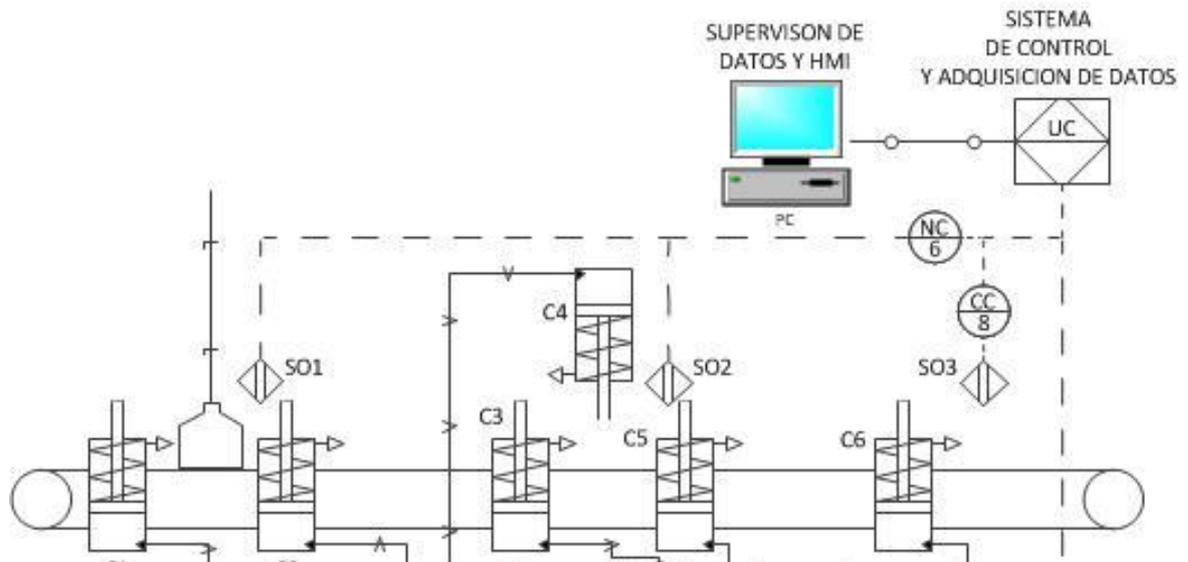
En este caso lo realizan los sensores de nivel de los tres tanques. Que son SN, SN2 y SN3. Lo ilustra la Figura III.30.



**Figura III.30:** Lazos de Control del módulo de Mezclado

### 3.4.2.2 Módulo de envasado

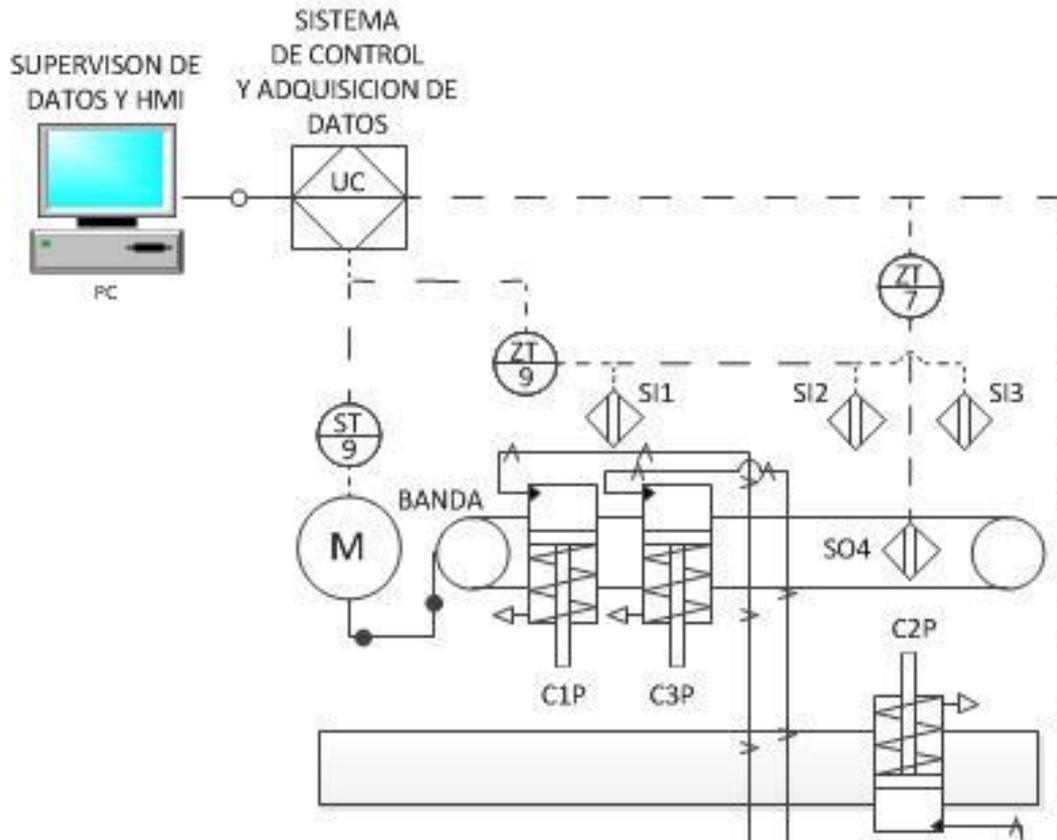
En este caso lo realizan los sensores ópticos para detectar de la presencia de las botellas. Que son SO1, SO2 y SO3. Lo ilustra la Figura III.31.



**Figura III.31:** Lazos de Control del módulo de Envasado

### 3.4.2.3 Módulo de paletizado

En este caso lo realizan los sensores inductivos quienes controlan la posición de los cilindros, que sostienen las botellas, para ponerlas sobre el pallete. Que son SI1, SI2 y SI3. Es por eso que se encargan de activar o no el motor de la banda. Aquí se realiza otro lazo de control el sensor de presencia que verifica la existencia de pallete en la bancada. Este es el sensor SO4. Lo ilustra la Figura III.32.



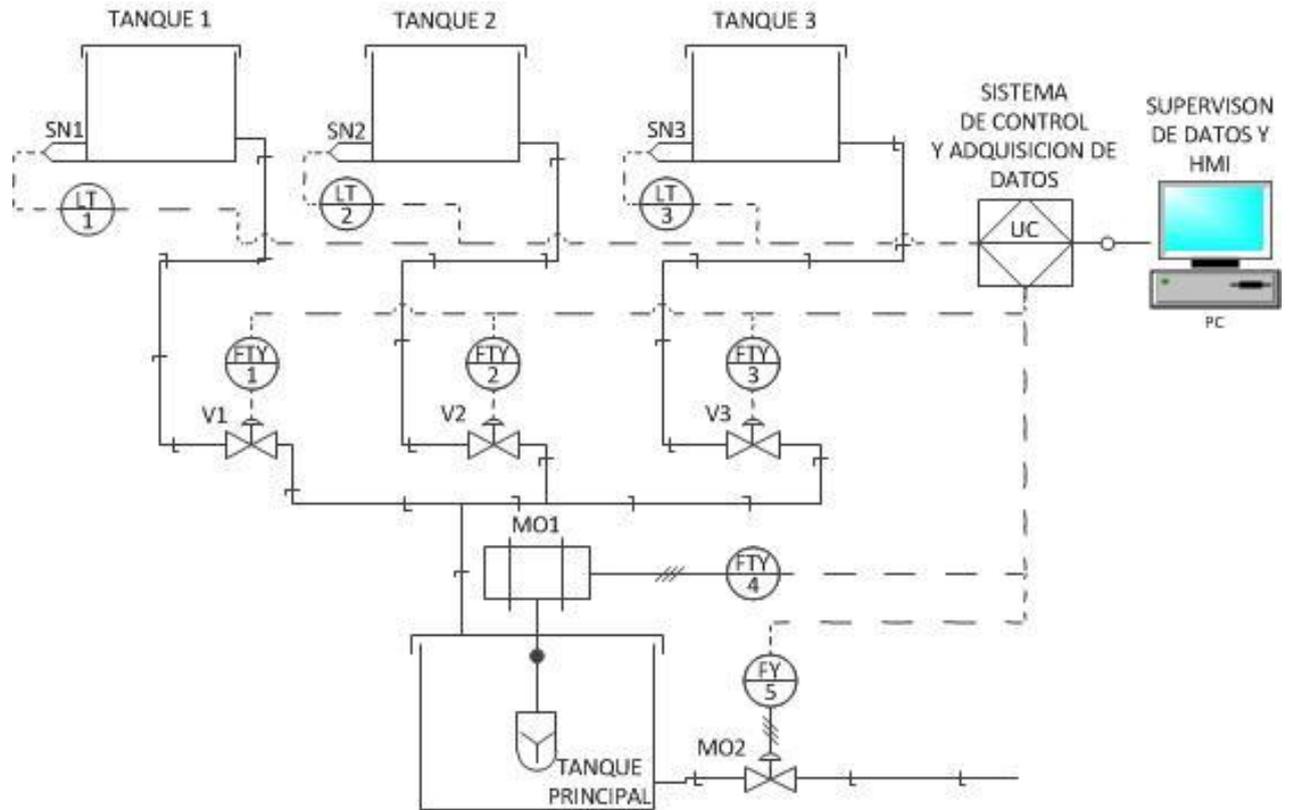
**Figura III.32:** Lazos de Control del módulo de Paletizado

### 3.4.3 Infraestructura y comunicación entre PLC y módulo de control

Para detallar la comunicación, de los módulos a controlar, lo haremos mediante diagramas P&ID. Para lo que es la infraestructura o su forma física equivalente, usaremos imágenes tomadas de cada uno de ellos centrándonos en sus entradas y salidas.

#### 3.4.3.1 Diagrama P&ID del módulo de mezclado. Se ilustra en la figura III.33.

En cambio, la forma física del equivalente físico del modulo de mezclado, se puede apreciar en la figura III.34.

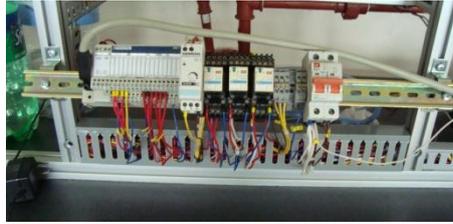


**Figura III.33:** Diagrama de P&ID del módulo de mezclado

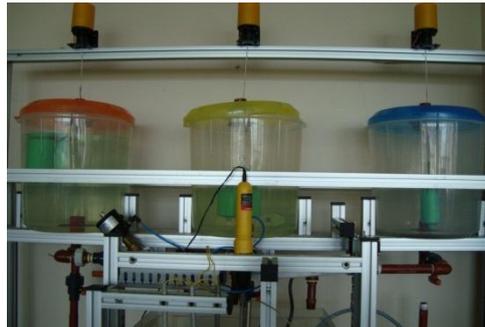


**Figura III.34:** Módulo de mezclado de líquidos

En la figura III.35 se puede apreciar el cableado entre el módulo de mezclado y el PLC. En la figura III.36 se observa a los tres tanques de almacenamiento de líquido.

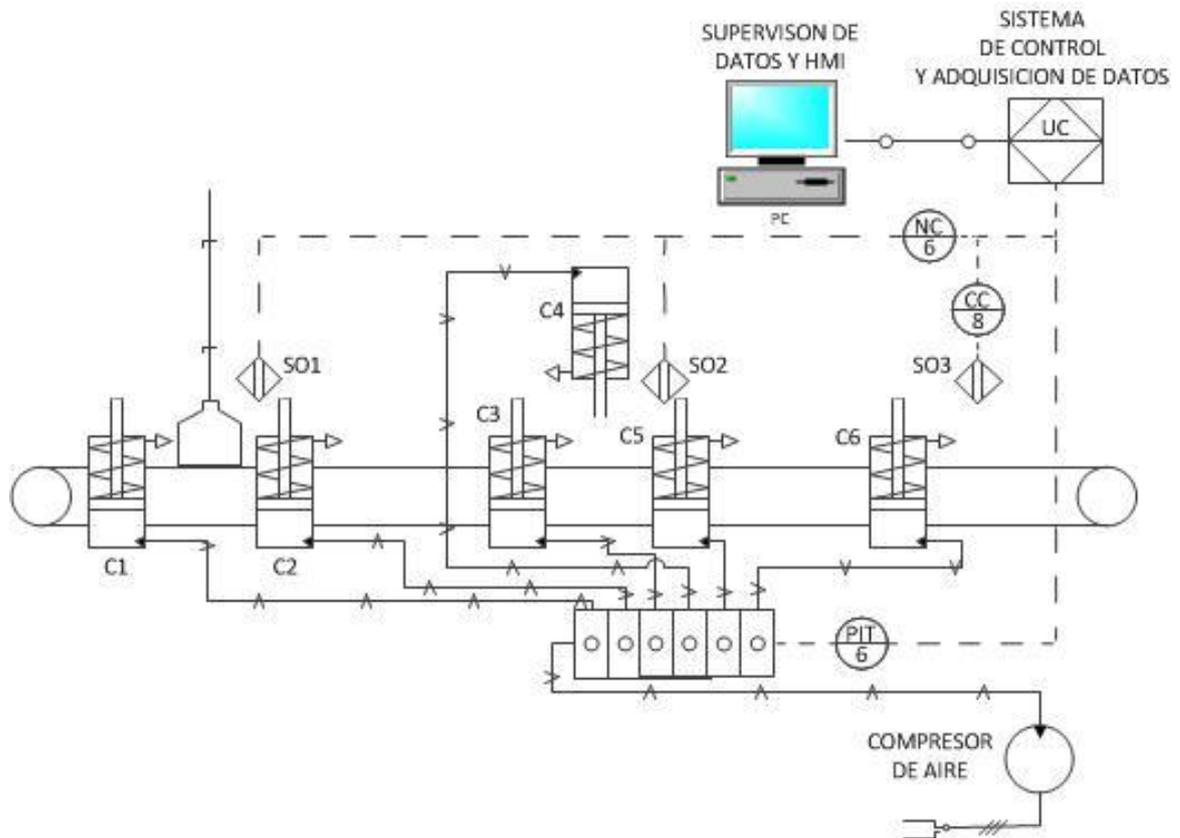


**Figura III.35:** Cableado entre el módulo de mezclado y el PLC



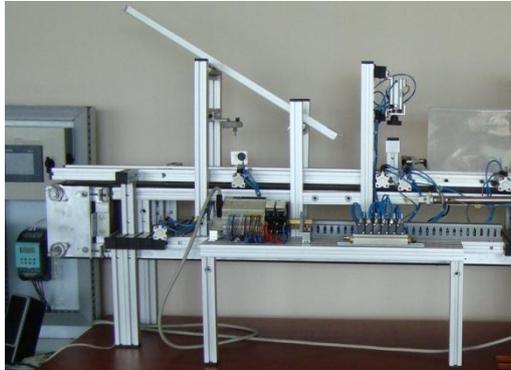
**Figura III.36:** Tanques de almacenamiento de liquido

3.4.3.2 Diagrama P&ID del modulo de envasado. Se lo aprecia en la figura III.37.



**Figura III.37:** Diagrama P&ID del modulo de envasado

La forma física del modulo de envasado se puede apreciar en la figura III.38. En la figura III.39 se puede apreciar la vista lateral izquierda del modulo de envasado

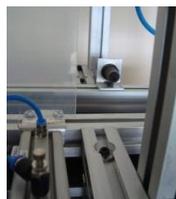


**Figura III.38:** Módulo de Envasado



**Figura III.39:** Vista lateral izquierda del modulo de envasado

En la figura III.40 se puede apreciar el sensor óptico 3 que representa el último sensor de detección de presencia del módulo de paletizado. La figura III.41 ilustra el cableado entre el módulo de envasado y el PLC

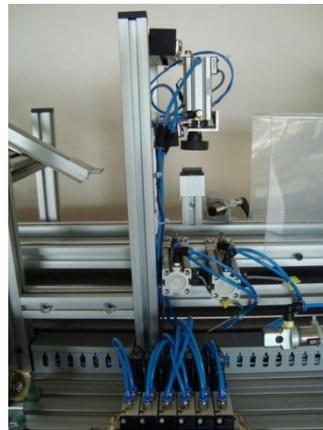


**Figura III.40:** Sensor Óptico 3



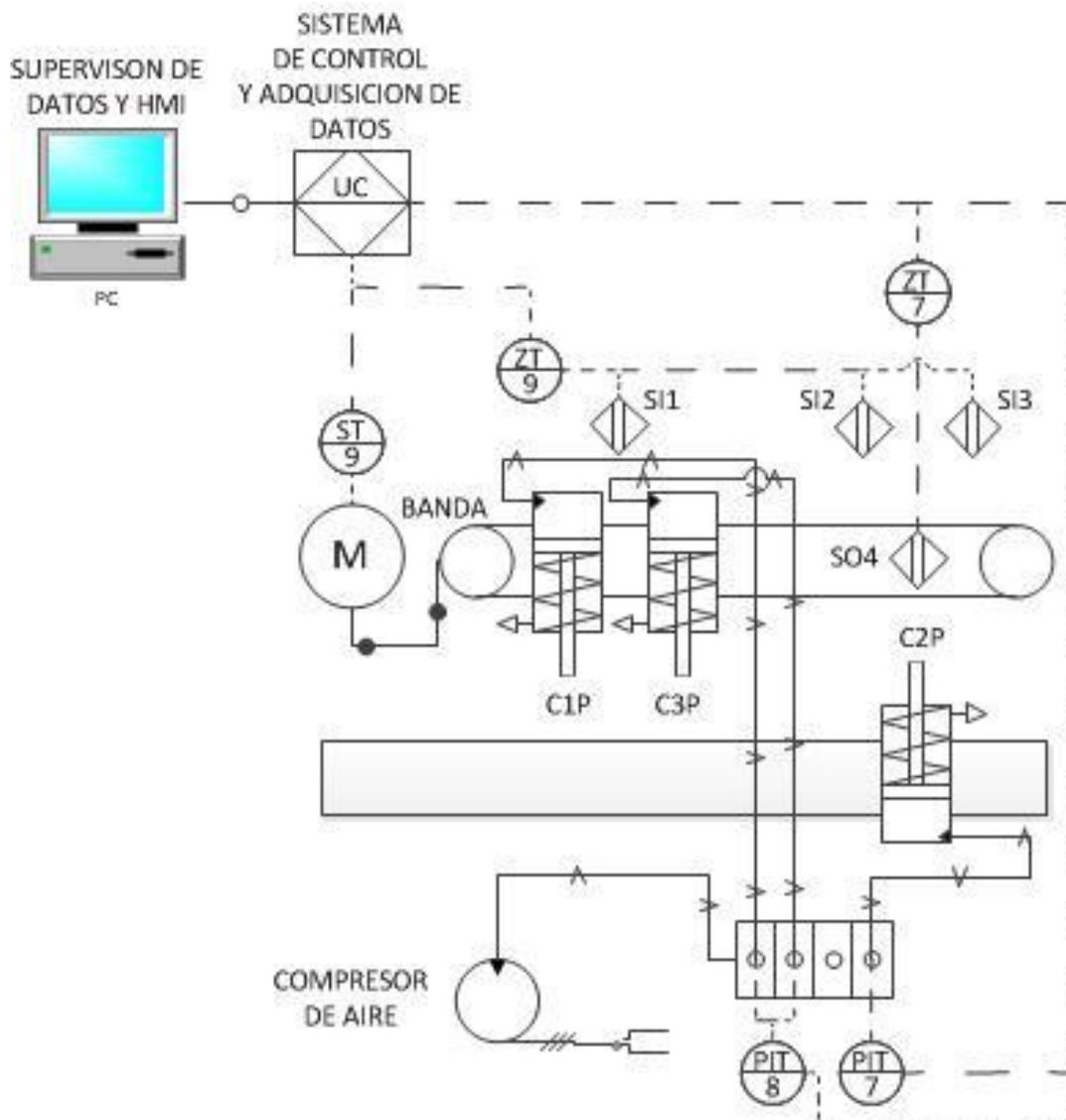
**Figura III.41:** Cableado entre el módulo de envasado y el PLC

En la figura III.42 se muestran las conexiones entre los cilindros y las tomas de aire además se visualizan específicamente los cilindro C3, C4 Y C5



**Figura III.42:** Cilindro C3, C4 Y C5

**3.4.3.3 Diagrama P&ID del modulo de paletizado.** Se ilustra en la figura III.43

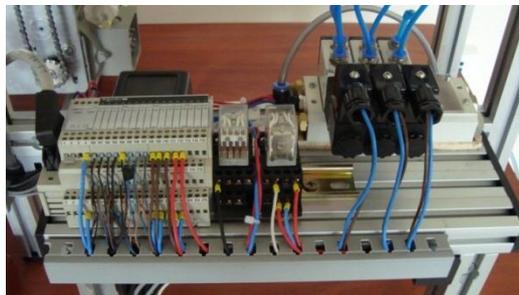


**Figura III.43:** Diagrama P&ID del modulo de paletizado

La forma física del modulo de paletizado se observa en la figura III.44. La figura III.45 ilustra el cableado entre el módulo de paletizado y el PLC



**Figura III.44:** Módulo de Paletizado

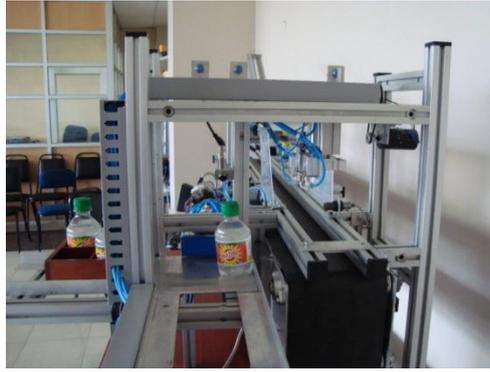


**Figura III.45:** Cableado entre el módulo de paletizado y el PLC

La figura III.46 visualiza la vista frontal del módulo de paletizado. En la figura III.47 se puede observar el módulo de paletizado vista lateral derecha.



**Figura III.46:** Módulo de paletizado. Vista frontal



**Figura III.47:** Módulo de paletizado. Vista lateral derecha

En la figura III.48 se puede apreciar el sensor óptico4 y el cilindro C2P que se encarga de empujar el pallette. En la figura III.49 se observan los cilindros C1P y C3P



**Figura III.48:** Sensor óptico 4 y cilindro C2P de empuje del pallette.



**Figura III.49:** Cilindros C1P y C3P

## CAPÍTULO IV

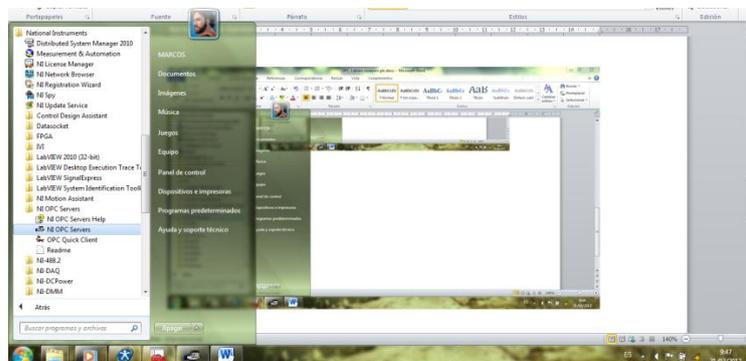
### ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 4.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA FINAL Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1 Configuración del OPC Server de Labview conexión con el HMI

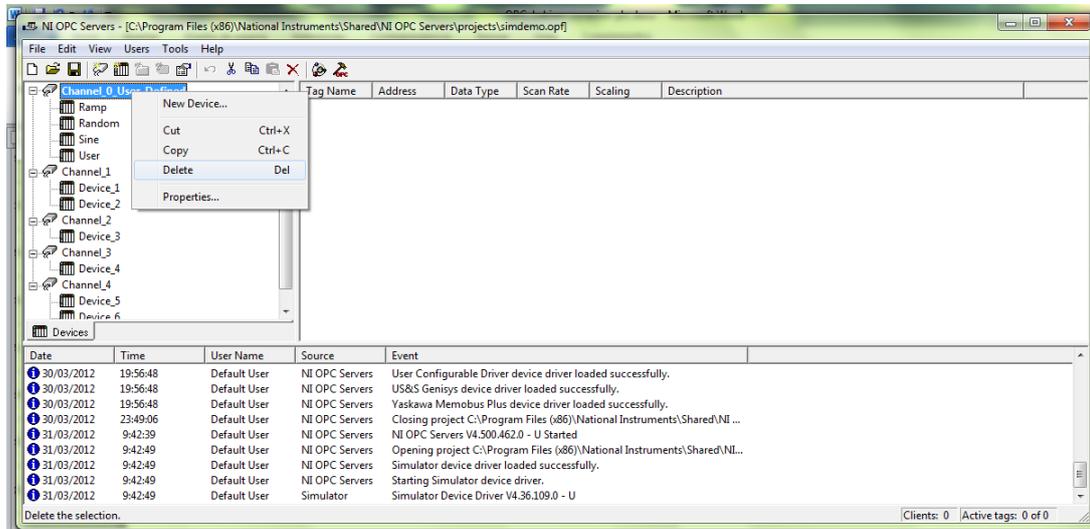
Para la comunicación del software de supervisión con los datos adquiridos por el PLC, es necesaria la configuración de los OPC Server de Labview. Se seguirán los siguientes pasos:

Buscamos el OPC Server de Labview en Inicio – Todos los programas – National Instruments – NI OPC Servers – NI OPC Servers como se ve en la figura IV.1



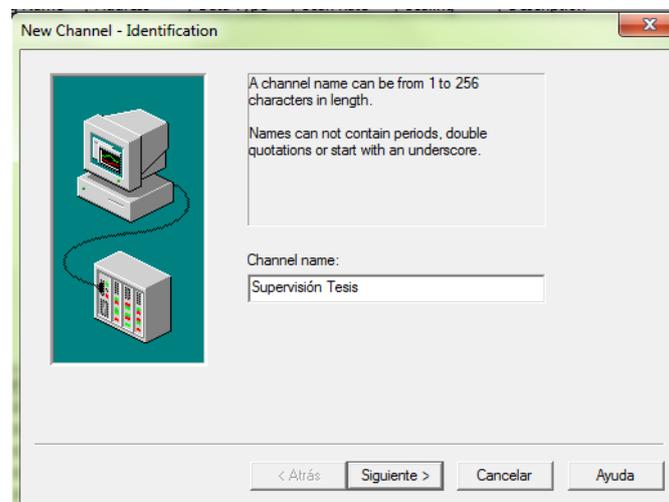
**Figura IV.1:** OPC Servers de Labview

Borramos todos los OPC Servers creados por default, figura IV.2



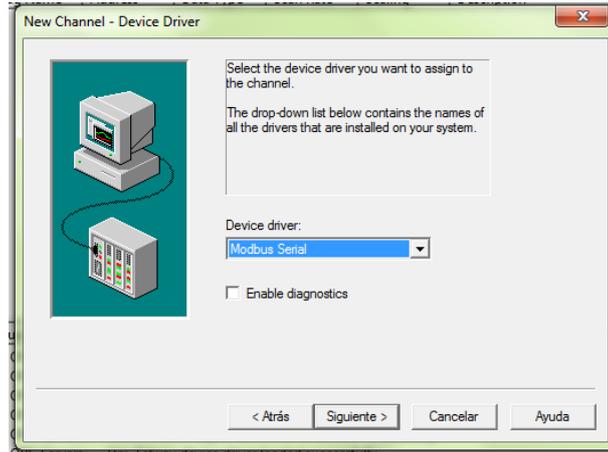
**Figura IV.2:** Eliminación de los OPC Servers creados por default

Añadimos un nuevo canal u OPC y le ponemos un nombre, figura IV.3



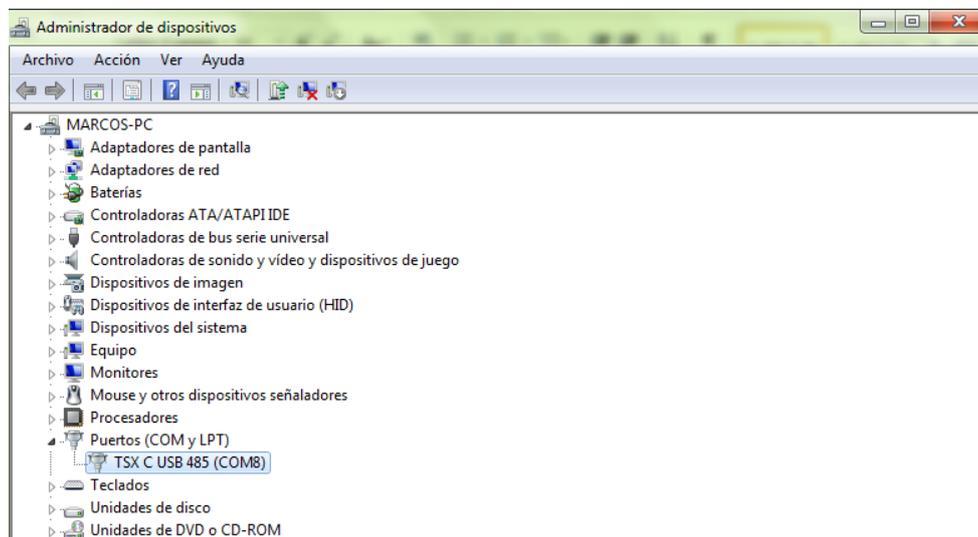
**Figura IV.3:** Creación de un nuevo OPC

Escogemos como Device Driver, Modbus serial y siguiente. Figura IV.4



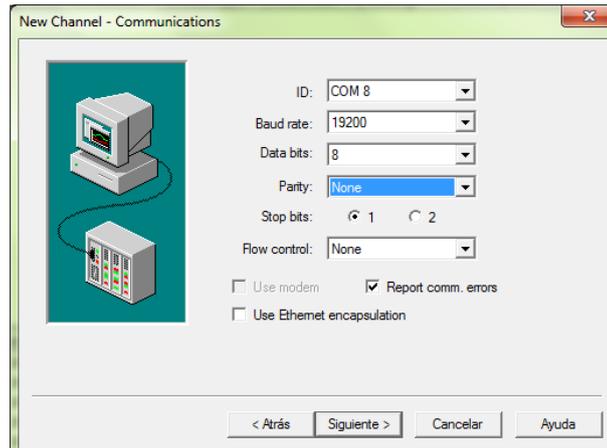
**Figura IV.4:** Controlador del dispositivo

A continuación, para saber el puerto com, conectamos el cable al PLC y vamos al Menú Inicio – Clic derecho sobre equipo – Propiedades – Administrador de dispositivos. Aquí buscamos los puertos Com habilitados, el que tenga que ver con la comunicación TSX es el que utilizaremos, En nuestro caso es el puerto 8. Como en la figura IV.5



**Figura IV.5:** Búsqueda del puerto com del PC

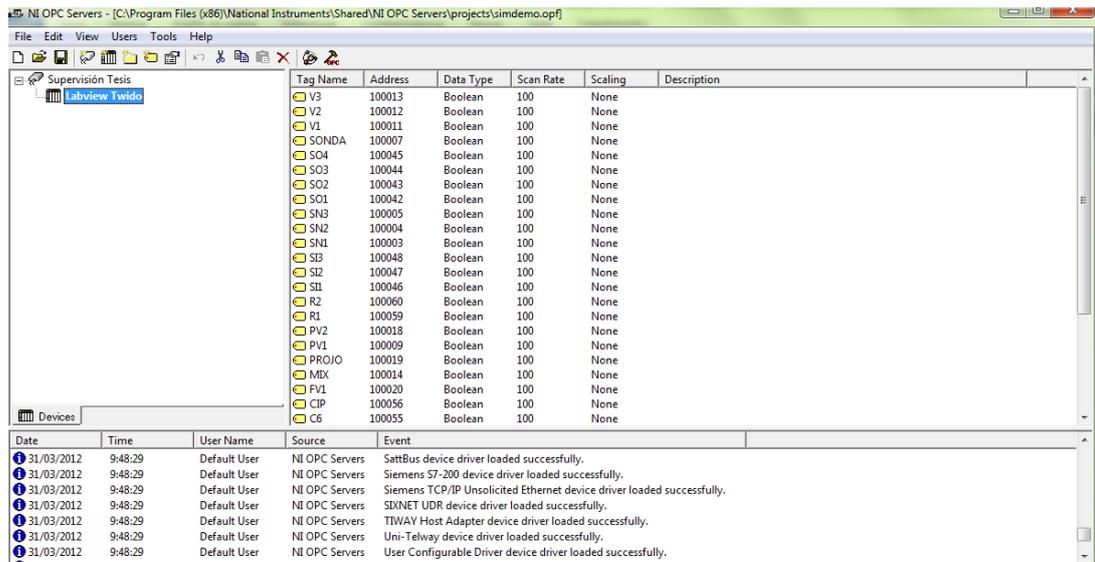
Vamos al OPC y escogemos este puerto donde dice ID. En Baud rate escogemos 19200 y en Parity None. Como se ve en la figura IV.6



**Figura IV.6:** Configuración del canal

Y damos clic varias veces en siguiente hasta finalizar. Damos clic en añadir device. Ponemos un nombre y en el siguiente cuadro de diálogo escogemos Modbus, clic en siguiente en Device ID ponemos 1 (Este dato se encuentra en el programa en Twido en “Describir”), y al lado en decimal. Y clic en siguiente varias veces hasta finalizar. Damos clic en “Clic to add a static tag”, en el recuadro superior derecho y en él crearemos las variables o tags. En el espacio de nombre “Name” escribimos el nombre de la variable, en nuestro caso SN1. Para la dirección, como nuestra variable es sólo de lectura y tipo Boolean, entonces escogemos el tipo “10001-165536 [r] [c] Boolean” dando clic en el signo de interrogación, de ahí para saber el número de memoria debemos tener presente que será la misma memoria usada en Twido para activar o recibir señal en nuestro caso del SN1. Y a esta memoria le sumamos una unidad para el OPC en la parte adress. Podemos verificar en Twido el número de memoria y es la M2. Por eso en el OPC de Modbus ponemos la dirección 10003

En la parte “Client access” escogemos “Read Only”, damos clic en el visto verde al lado de adress. Damos clic en aplicar y después en aceptar. Este proceso repetimos para las demás memorias ya que todas son de tipo de lectura y Boolean. Como se ve en la figura IV.7

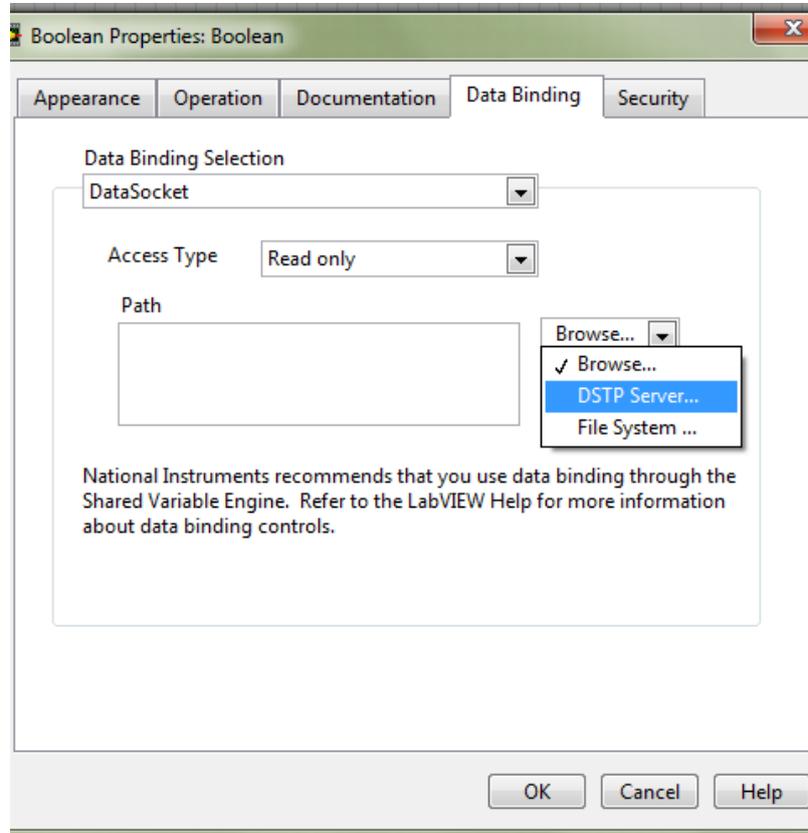


**Figura IV.7:** Creación de todas las Tags en el OPC

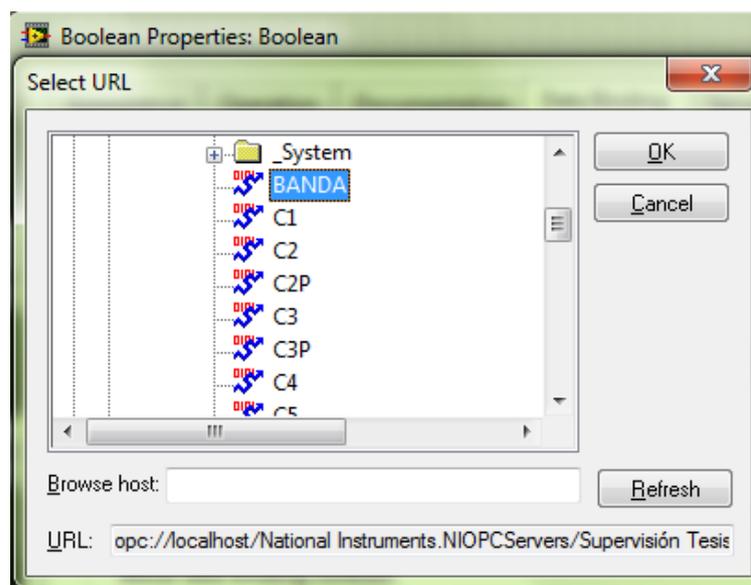
A continuación dejaremos transferido y cargado el programa realizado en Twido en el PLC. Entonces en Twido, después de transferir el programa arrancamos y sin detenerlo lo desconectamos. Esto es necesario porque no podemos correr los 2 programas al mismo tiempo, porque los dos no pueden usar el mismo puerto com 8.

A continuación en Labview creamos el HMI el cual constará de Indicadores de activación de las entradas y salidas del módulo de control. Y realizamos la conexión con las variables del OPC recién creado. Cada indicador con su respectiva variable o tag del OPC. Por ejemplo para el primer indicador de la Banda, damos clic derecho en el Indicador – Properties – Data Binding – (En Data BindingSelection) Data Socket – (En Browse) DSTP Server. Como se aprecia en la figura IV.8. Después buscamos nuestra tag. Doble clic sobre “National Instruments. NIOPCServers” – (El nombre que le pusimos a nuestro OPC) Supervisión Tesis – (Nombre que le pusimos a nuestro dispositivo) LabviewTwido – Banda. Y aceptar, como se aprecia en la figura IV.9

Este proceso de conexión de nuestros indicadores del HMI de Labview con las Tags creadas del OPC lo repetimos para las demás variables.



**Figura IV.8:** Conexión del Indicador de Labview con la memoria del OPC



**Figura IV.9:** Tag del OPC Banda

A continuación verificaremos la programación, las respuestas de nuestro HMI y los resultados de nuestro sistema de control. El programa debe estar transferido al PLC y listo para arrancar sin la necesidad del cable de conexión al PC.

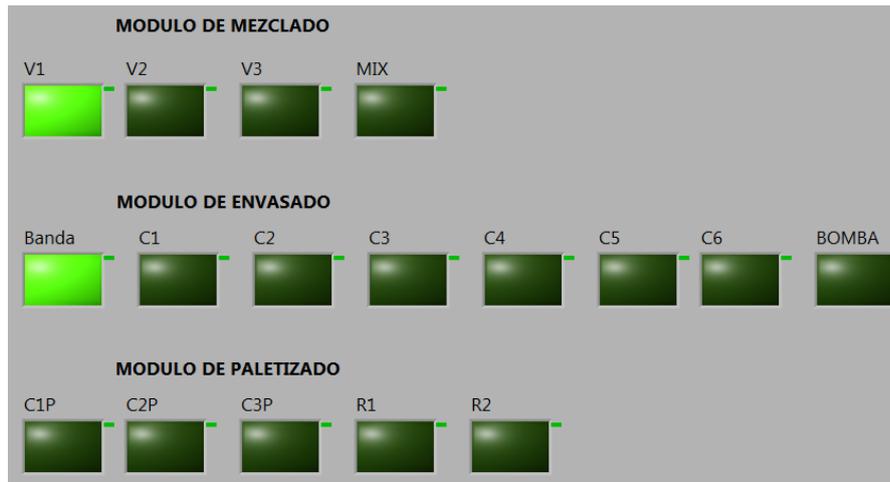
Para probar nuestro HMI damos clic en “Runcontinuesly” y sin arrancar el módulo de control pulsando el pulsador PV1. Podemos señalar que el SO2 funciona con lógica inversa, por eso al enviar alguna señal al PLC nos dice que no hay entre los cilindros C3 y C5 una botella.

Ahora arrancaremos con la programación y con el control de nuestro módulo. Para ello pulsamos el pulsador PV1 como se ve en la figura IV.10

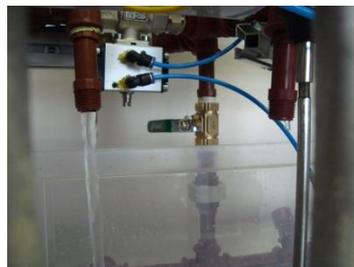


**Figura IV.10:** Arranque del sistema de control

Ahora pulsamos PV1, y se activa la banda. Como no hay señal de la sonda, porque no hay líquido en el tanque, entonces se realiza el proceso de mezclado. Primero se activa la válvula V1 como se ve en la figura IV.11. En la figura IV.12 se observa lo que la válvula V1 física permite el paso del líquido.

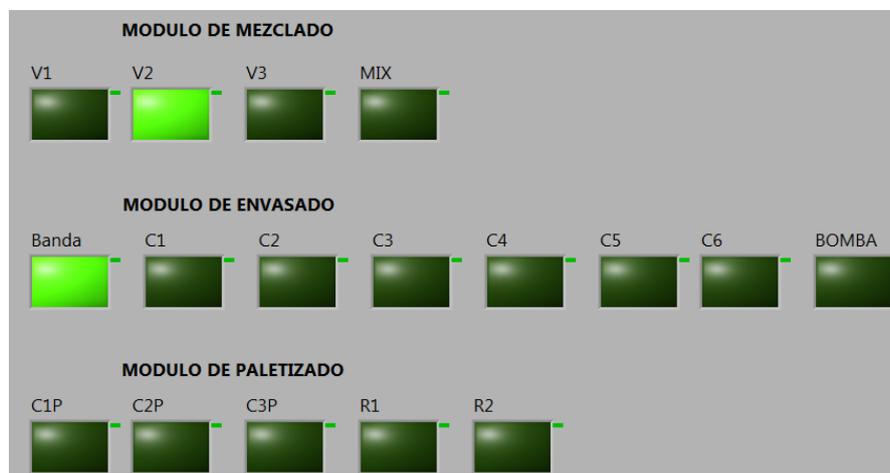


**Figura IV.11:** Activación de la Banda y la válvula V1



**Figura IV.12:** Paso del líquido de la válvula 1

Luego se activa la válvula V2 como se ve en la figura IV.13. En la figura IV.14 se observa lo que la válvula V2 física permite el paso del líquido.

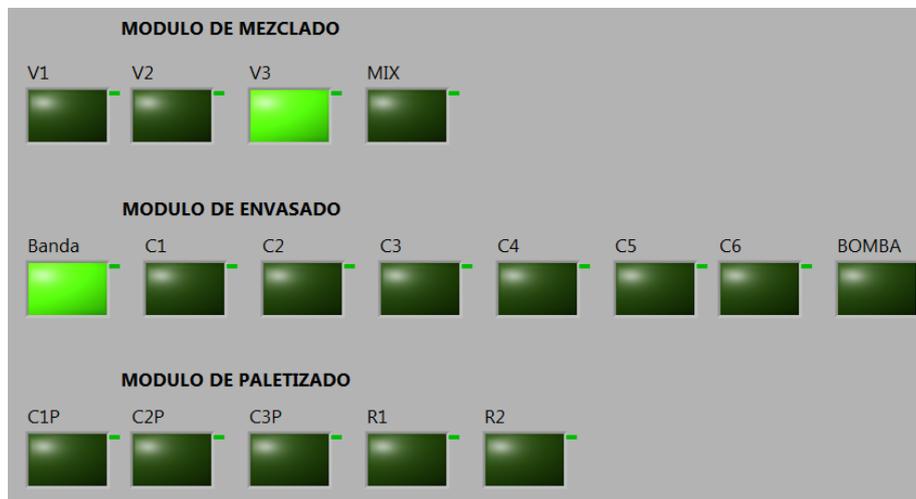


**Figura IV.13:** Activación de la válvula V2

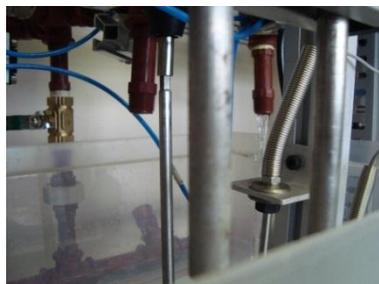


**Figura IV.14:** Paso del líquido de la válvula 2

Después se activa la válvula V3 como se ve en la figura IV.15. En la figura IV.16 se observa lo que la válvula V3 física permite el paso del líquido.

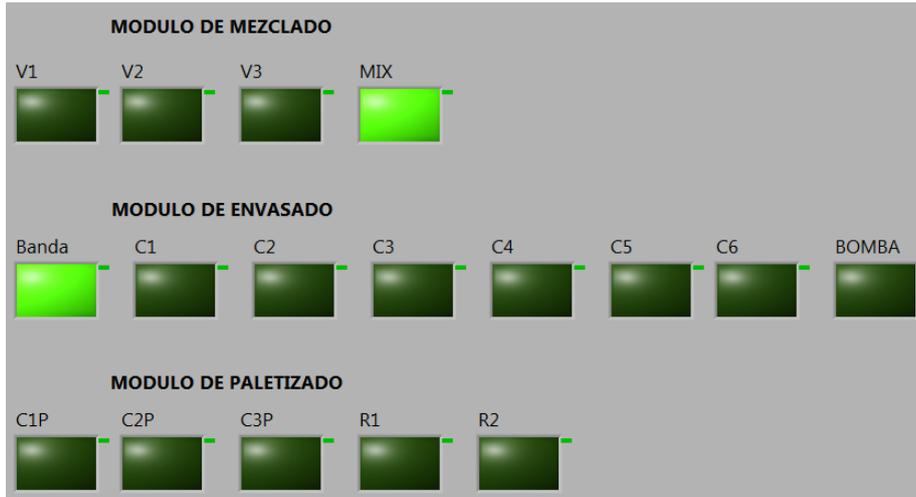


**Figura IV.15:** Activación de la válvula V3

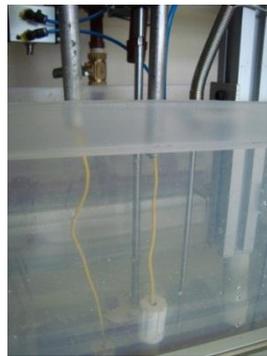


**Figura IV.16:** Paso del líquido de la válvula 3

Por último se activa el mezclador Mix como se ve en la figura IV.17. En la figura IV.18 se observa la activación del mezclador físico.



**Figura IV.17:** Activación del mezclador



**Figura IV.18:** Motor 1 mezclando líquidos

Podemos percatarnos que la sonda envía señales porque ya existe suficiente líquido para envasarlo, como se aprecia en la figura IV.19. Esto hace que el proceso de mezclado o la secuencia descrita anteriormente se detenga y al mismo tiempo inicie la secuencia del módulo de envasado. Si el SO1 no detecta botellas el envasado no empieza.

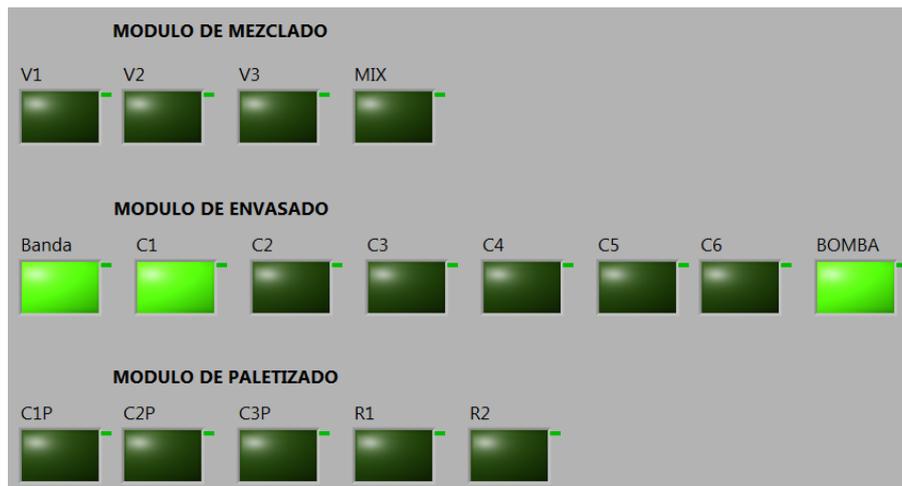


**Figura IV.19:** Emisión de señales de la sonda

Cuando detecta las botellas el SO1 comienza el envasado, entonces se abre el C1 reteniendo la botella para llenarla de líquido, como se observa en la figura IV.20. Y en el HMI en la figura IV. 21



**Figura IV.20:** Botellas retenida por el cilindro A (C1)



**Figura IV.21:** Detección de la salida del vástago del C1

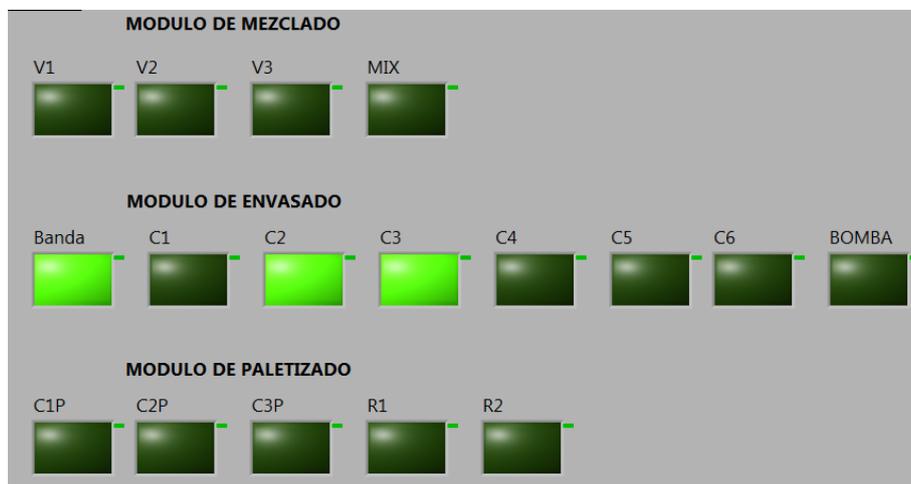
Luego se abre el cilindro B (C2), este al abrirse envía señal porque es normalmente abierto. La botella avanza y en el camino recoge su tapa que cae del abastecedor, como se ve en la figura IV.22. En la figura IV.23 se ve cuando la botella es detectada por el SO2, como funciona con lógica inversa, al sensar una botella este sensor deja de emitir señal. Y se prepara para ser cerrada su tapa por el cilindro C4. Y se cierra el cilindro C3. En la figura IV.24 se ve esta detección en el HMI.



**Figura IV.22:** Recogimiento de la tapa por parte de la botella



**Figura IV.23:** Retención de la botella para ser tapada

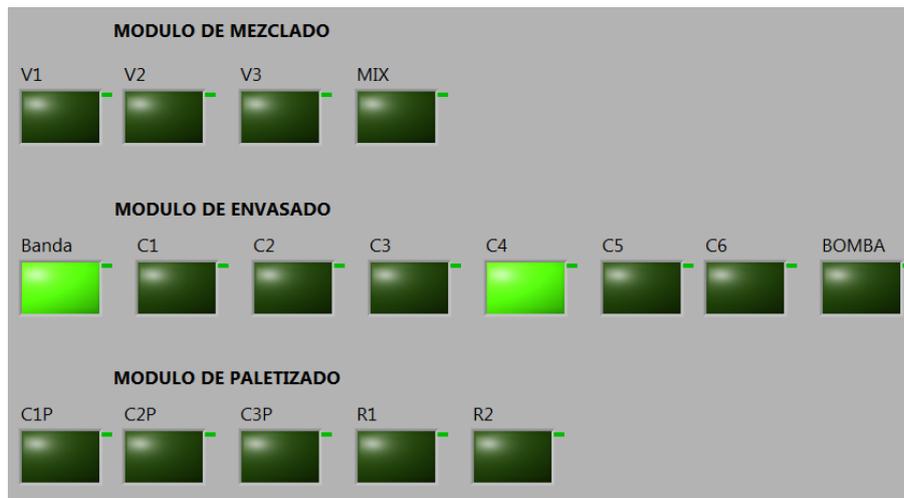


**Figura IV.24:** Detección de la salida del vástago del C3

Baja el cilindro D (C4) y es activado al mismo tiempo el motor de giro para el cerrado de la tapa de la botella plástica que se encuentra en medio del cilindro D (C4), como en la figura IV.25. En la figura IV.26 se ve esto en el HMI



**Figura IV.25:** Cerrado de la tapa de la botella

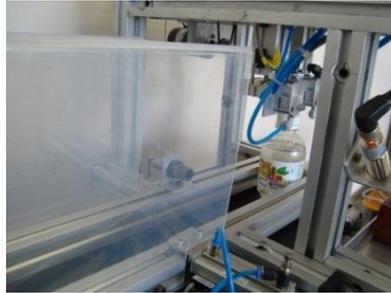


**Figura IV.26:** Cierre C4 para el cerrado de la tapa

Mientras se realizan estos procesos podemos destacar el hecho que las demás botellas no realizan ningún trabajo, pues son detenidas por el cilindro A (C1). Como se ve en la figura IV.27. Finalmente la botella llega al fondo de la banda. Como se ve en la figura IV.28. El mismo proceso se repite dos veces y a continuación funciona el sistema de paletizado. Como se ve en la figura IV.29.



**Figura IV.27:** Las otras botellas no realizan ningún proceso



**Figura IV.28:** Botella llega al final de la banda



**Figura IV.29:** Proceso repetido dos veces

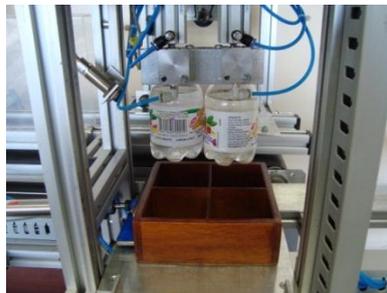
A continuación el cilindro C1P del paletizado baja y recoge las botellas presionando el cilindro C3P, como se ve en la figura IV.30. La detección del HMI se visualiza en la figura IV.31. Levanta y traslada las botellas al fondo del pallet, esto se hace con la detección del sensor inductivo 3 (SI3). Figura IV.32.



**Figura IV.30:** Cilindro C1P baja y ajusta las botellas con C3P



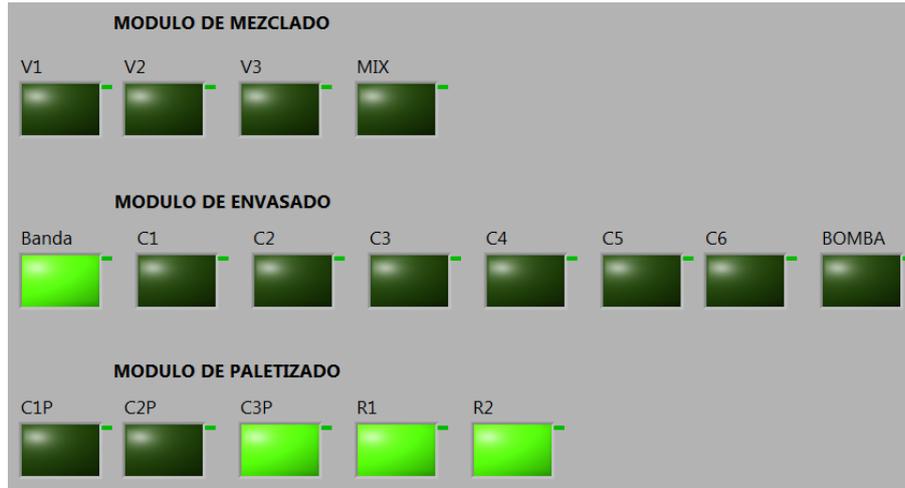
**Figura IV.31:** Detección de activación de cilindros C1P y C3P



**Figura IV.32:** Botellas llevadas al pallete

En la figura IV.33 observamos la detección del avance del motor hacia el fondo del pallete, esto se resalta por el hecho que para el avance del motor se deben activar los relés R1 y R2, mientras que para su retorno se activa sólo el R1.

Si nos percatamos del SN3 se ha mantenido encendido por algún tiempo, se debe a que en el tanque 3 no existe líquido. Por ende el proceso de mezclado de líquidos no puede funcionar mientras tanto.



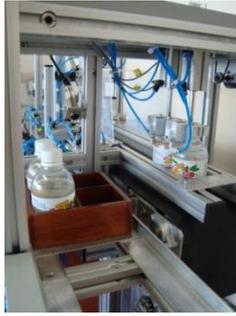
**Figura IV.33:** Activación de R1 y R2 para el avance del motor

A continuación el cilindro C1P que traslada los cilindros al pallette, regresa a su posición inicial hasta que el módulo de envasado tenga listo dos botellas para depositarlas al inicio del pallette. El regreso del cilindro C1P hasta su posición inicial es detectada por el sensor SI1 como se ve en la figura IV.34.



**Figura IV.34:** Cilindro C1P regresa a su posición inicial

Al existir de nuevo dos botellas al fondo de la banda se repiten el proceso de paletizado como en la figura IV.35, pero ahora las pone al inicio del pallette. Esto se controla mediante el sensor SI2 como se aprecia en la figura IV.36.

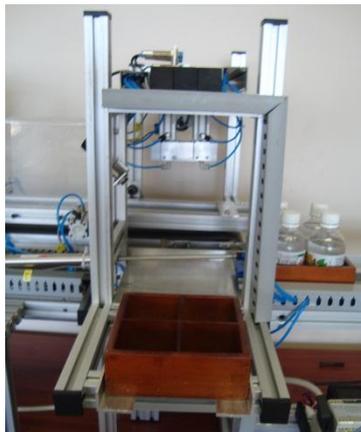


**Figura IV.35:** Repetición del paletizado al haber 2 botellas más

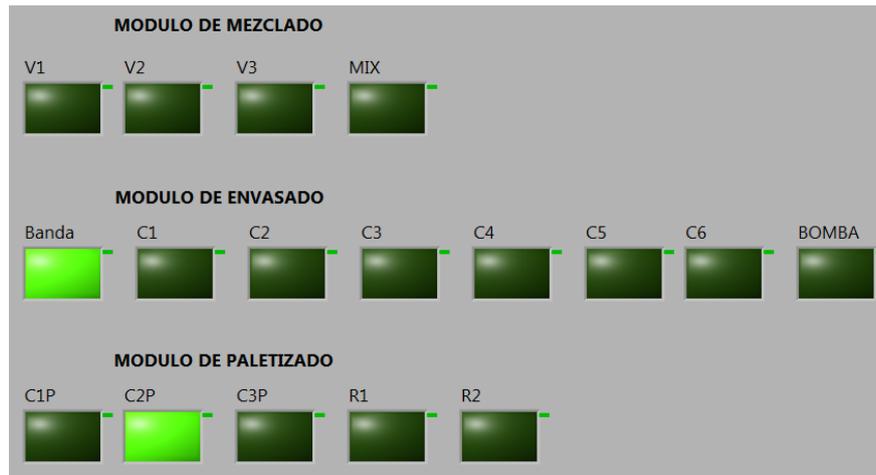


**Figura IV.36:** Botellas colocadas al inicio del pallete

Después el cilindro C1P regresa a su posición inicial y el cilindro C2P expulsa el pallete cargado con las botellas como se ve en la figura IV.37. En la figura IV.38 observamos esta detección por parte del HMI



**Figura IV.37:** Expulsión del pallete por parte del cilindro C2P



**Figura IV.38:** Salida del cilindro C2P

#### **4.2 DATOS ADICIONALES DE FUNCIONAMIENTO**

Cuando no hay líquido en el tanque principal, la sonda no emite señal, funciona el módulo de Mezclado y no funciona el de envasado. Cuando ya hay líquido, la sonda emite señal y trabaja el módulo de Envasado. El módulo de mezclado se detiene hasta que deje de haber líquido.

Cuando no existe palletes el módulo de paletizado tampoco trabajara. Esto se detecta por la ausencia de señal del SO4.

Según el MÉTODO NO EXPERIMENTAL DEDUCTIVO con el que realizamos esta tesis y el aporte de este capítulo de Análisis y resultados, concluimos que nuestro trabajo realizado cumple satisfactoriamente con los objetivos buscados.

Se verifica la hipótesis planteada ya que el diseño, implementación y programación de un modulo de control mediante PLC en configuración SCADA en el laboratorio de automatización de la FIE sirve para el control automático del sistema de envasado.

## CONCLUSIONES

- La descripción de los planos de diseño del módulo de control permitieron cablear, posicionar y conectar correctamente los equipos. También proporcionan información suficiente para facilitar su análisis, ayudar a elaborar futuros diseños, reconstrucciones y mantenimientos del mismo a consiguientes usuarios.
- Satisfactoriamente se implementó el módulo de control pues se aseguró cada equipo a la mesa con rodela de presión y se realizó el cableado en base al diseño elaborado anteriormente. No existieron problemas en el arranque y prueba de los equipos debido a que cada cable fue ponchado y debidamente ajustado en los terminales de conexión.
- Al invertir el tiempo necesario en obtener el correcto Graficet de cada módulo a controlar se evitaron pérdidas forzosas de tiempo en la depuración del programa en el PLC para obtener el funcionamiento deseado del módulo de control.
- El sistema SCADA nos permitió, además del control y adquisición de datos de las entradas y salidas de los equipos en el PLC, la supervisión del funcionamiento del módulo de control en el Computador. Estos datos permiten a operario mantenerse al tanto del desenvolvimiento del sistema en conjunto.
- El diseño, implementación y programación de un módulo de control mediante PLC en configuración SCADA en el laboratorio de automatización de la FIE sirve para el control automático del sistema de envasado.

## RECOMENDACIONES

- Para el diseño de cualquier sistema de control tener presente el espacio, ubicación de cada equipo, características deseadas de funcionamiento y sus comportamientos en el ambiente de desarrollo. Para esto, si es necesario, remítase a la hoja de especificaciones de funcionamiento de cada uno de ellos. Con esto se deberá realizar un diseño físico de estos equipos lo más aproximado a la realidad para que sirva de guía en el momento de la implementación del módulo de control.
- Realizar una tabla de todas las entradas y salidas de los sistemas a controlar. Luego ordenarlas por módulo y por secuencia, de esta manera se tendrán presentes su ubicación en el módulo de control y se ahorrará tiempo en la implementación, cambio en su estructura física y si es necesario en el mantenimiento del mismo en el futuro.
- Para la implementación se aconseja cumplir con las normas de cableado y montaje de los equipos establecidos en las normas IEC 61131-3 y 61131-5. Esto es necesario debido a que estas normas además de establecer un modelo de implementación también han sido diseñadas para la seguridad de los equipos y de los operarios.
- Para la programación se aconseja primero realizar un algoritmo o diagrama de flujo de los resultados deseados del módulo de control. Con esto en mente se sabrán los cambios a realizar ante posibles errores de funcionamiento.

## **RESUMEN**

El diseño, implementación y programación de un módulo de control mediante PLC en configuración SCADA en el laboratorio de automatización de la FIE se hizo para el control automático del sistema de envasado.

Se diseñó el módulo de control teniendo presente las entradas y salidas de los otros módulos. El orden e identificación de los bloques a quienes pertenecen, se lo detalló mediante tablas. Para el diseño eléctrico de las conexiones y también de la ubicación de los equipos se utilizó el programa Autocad. Para la implementación del módulo de control lo se siguió con el diseño anteriormente realizado. También se tuvo en consideración para el ponchado, cableado y montaje de equipos las normas IEC 61131-3 y 61131-5. Se destacó como nuestro módulo de control cumple con los requisitos de un sistema SCADA y se señaló los lazos de supervisión, control y adquisición de datos del PLC.

Como resultados, mediante el método no experimental deductivo, tenemos que nuestro sistema es capaz de controlar los demás módulos secuencialmente y de manera eficaz. Además responde a la depuración y programación del PLC de manera estable.

Como conclusiones podemos decir que cumple satisfactoriamente como módulo de enseñanza aprendizaje para los estudiantes y además de ello, permite un fácil control de los otros módulos. Mediante el registro de las entradas y salidas y el diagrama eléctrico de conexiones, facilita su uso para realizar prácticas de automatización industrial en clase que permitan fortalecer las enseñanzas teóricas que se imparten.

**“A DESIGN FOR IMPLEMENTING AND PROGRAMMING A  
CONTROL MODULE THROUGH A PLC IN SCADA  
CONFIGURATION IN THE AUTOMATION LABORATORY OF  
THE FIE FOR AUTOMATIC CONTROL OF FLUID-BASE  
SYSTEM”.**

**ABSTRACT**

A design for implementing and programming a control module through a PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL) in SCADA configuration (SUPERVISORY CONTROLLER AND DATA ACQUISITION) was developed the automatic control of the fluid-base system in the automation laboratory of the FIE (Faculty of Electronics Engineering).

This module was designed taking care the inputs and outputs of the other modules. The order and identification of the blocks to which they belong were detailed through tables. For the electric design of the connections and also the equipment placement, the AutoCAD program was used. Also was taken into consideration for the strikeout, wiring and assembly of equipment the IEC standards 61131-3 and 61131-5. It was viewed that this module meets the SCADA system requirements and said the bonds of supervision, control and data collection of the PLC.

Through the deductive, non-experimental method, the obtained results were that this system is capable to sequentially and effectively control the other modules. Besides, it responds to debugging and programming of PLC in a more stable way.

As conclusions can be said that this research can be used satisfactorily as a teaching module for students learning and also, it will let easily control the other modules. Through registering the inputs and outputs of the electric diagram, it is easy to be used for making industrial automation practices in the classroom that let to strengthen the theoretical lessons taught.

## GLOSARIO

- GRAFSET:** Gráfica de Control de Etapas de Transición.
- INTERFAZ:** INTERFAZ: Una conexión e interacción entre hardware, software y usuario, es decir como la plataforma o medio de comunicación entre usuario o programa.
- MODBUS:** Protocolo de comunicación industrial.
- P&ID:** Diagramas de Proceso e Instrumentación. Estos diagramas permiten entender el funcionamiento integrado del proceso y del sistema de control
- PROTOCOLO:** Es un conjunto de reglas usadas por dispositivos que tienen la capacidad de comunicarse unas con otras a través de una red.
- SCADA:** Supervisory Control And Data Acquisition. Es un sistema basado en computadores o PLC`s que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo y controlando el proceso de forma automática por medio de la programación en un software especializado.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. GALLARDO, F. Diseño e implementación de un sistema modular didáctico para El control y monitoreo de un proceso de tapado de café para la escuela de Ingeniería Electrónica de la ESPOCH. Facultad de Informática y Electrónica. Escuela de Ing. En Control y Redes Industriales. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. TESIS. Riobamba. Ecuador. 2011. Pp. 104-111

## **BIBLIOGRAFÍA INTERNET**

### **2. CONTROLADORES PROGRAMABLES TWIDO GUÍA DE**

#### **REFERENCIA DE HARDWARE**

[http://www.edudevices.com.ar/download/articulos/PLC/CURSO\\_PLC\\_006.pdf](http://www.edudevices.com.ar/download/articulos/PLC/CURSO_PLC_006.pdf)

2012-01-10

### **3. NORMAS IEC 61131-3**

<http://es.scribd.com/doc/50113356/35/NORMA-IEC-61131>

2012-01-10

### **4. INTRODUCCIÓN AL ESTÁNDAR IEC 61131**

<http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/Presentacion%20IEC%2061131-123.pdf>

2012-01-10

## **5. PRESENTACIÓN GENERAL DEL HARDWARE TWIDO**

[http://es.scribd.com/evertono\\_13/d/73963842/1-Presentacion-general-del-Hardware-Twido](http://es.scribd.com/evertono_13/d/73963842/1-Presentacion-general-del-Hardware-Twido)

2012-01-10

## **6. CONEXIONES, BORNERAS Y TERMINALES DE CABLES.**

<http://www.instrumentacionycontrol.net/es/cursos->

2012-01-10

## **7. CONTROLADORES PROGRAMABLES**

<http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables3.shtml>

2012-01-10

## **8. ¿QUÉ ES UN SISTEMA SCADA?**

<http://control-accesos.es/scada/%C2%BFque-es-un-sistema-scada>

2012-01-10

## **9. DIAGRAMAS DE PROCESO E INSTRUMENTACIÓN**

[http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/Introduccion\\_II.pdf](http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/Introduccion_II.pdf)

2012-01-10

## **10. SISTEMAS SCADA**

<http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>

2012-01-10

**ANEXOS**