


	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-06</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2015</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 2</b>

Neiva, 25 de Marzo de 2015

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Duvan Arturo Bustos Pajo, con C.C. No. 1.077.850.534

Jefferson Dussan Cubi, con C.C. No.1.075.240.808,

Ramiro Rincon Murillo, con C.C. No. 83.117.650

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o \_\_\_\_\_

titulado DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ENTRENADOR DE PLC INDUSTRIAL, CON SUS RESPECTIVAS PLANTAS DE TEMPERATURA, NIVEL Y POSICION, EN LOS LABORATORIOS DEL PROGRAMA ELECTRONICA DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de





INGENIERO ELECTRONICO;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.





- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-06</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2015</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 2</b>

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Firma: <u>Duvan A. Bustos</u>	EL AUTOR/ESTUDIANTE: Firma: <u>[Firma]</u>
EL AUTOR/ESTUDIANTE: Firma: <u>[Firma]</u>	EL AUTOR/ESTUDIANTE: Firma: _____

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>				  		
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 3</b>

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Diseño e implementación de un entrenador de PLC industrial, con sus respectivas plantas de temperatura, nivel y posición, en los laboratorios del programa electrónica de la Universidad Surcolombiana.

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Bustos Pajoy	Duvan Arturo
Dussan Cubi	Jefferson
Rincón Murillo	Ramiro

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Sendoya Losada	Diego Fernando

**ASESOR (ES):**





Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Ingeniero Electrónico

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Electrónica

**CIUDAD:** Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2015 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 87

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 3</b>

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas \_\_\_ Fotografías x Grabaciones en discos \_\_\_ Ilustraciones en general x Grabados \_\_\_ Láminas \_\_\_  
 Litografías \_\_\_ Mapas \_\_\_ Música impresa \_\_\_ Planos x Retratos \_\_\_ Sin ilustraciones \_\_\_ Tablas o Cuadros x

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: Adobe Reader

**MATERIAL ANEXO: Gias de Laboratorio**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):





**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>PLC</u>	<u>PLC</u>	6. <u>_Scada</u>	<u>_ Scada</u>
2. <u>Nivel</u>	level	7. <u>Programación escalera</u>	<u>ladder programming</u>
3. <u>posición</u>	position	8. <u>Allen Bradley</u>	<u>Allen Bradley</u>
4. <u>Factorytalk View</u>	<u>Factorytalk View</u>	9. <u>Entrenador</u>	<u>Trainer</u>
5. <u>Rslogix 500</u>	<u>Rslogix 500</u>	10. <u>Proceso industrial</u>	<u>Industrial process</u>

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

El trabajo realizado consiste en la elaboración de un módulo entrenador para PLC industrial con tres plantas; temperatura, nivel y posición, para tal caso se usó un PLC Allen Bradley 1746, unas borneras de protección, así como unas de conexión, que van a estar fijas en el módulo principal. Con este proyecto se busca que los estudiantes del programa de ingeniería electrónica tengan la posibilidad de conocer y trabajar, tanto los equipos como los elementos que se están utilizando actualmente en las distintas industrias, así como en el manejo y control de procesos, siendo estas unas de las principales funciones que se buscan simular con cada una de las plantas de nivel, temperatura y posición, de esta manera contribuir al mejoramiento y desarrollo de los laboratorios del programa.

En este libro se encuentra la principal información que se necesitó para la elaboración de los módulos entrenadores PLC industrial; aspectos de diseño, construcción e implementación son recreados en el mismo

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					  	
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>3 de 3</b>

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The work involves the development of a trainer module for industrial PLC, for this case we used a PLC Allen Bradley 1746, which was donated to the university by an oil company, which had already dropped the team as high requirements on the control of various industrial processes, it was not reliable enough, but for educational and developing this project purpose is the most appropriate, since in our alma mater not have this type of equipment by its high cost. With this project, we want students of electrical engineering program have the opportunity to meet and work, both equipment items that are currently being used in different industries as well as in the management and process control, these being a of the main functions that are searched simulate the plant development level, temperature and position, thus contributing to the improvement of the laboratories of the program. This book has the main information for the development of the PLC trainer; aspects of design, construction and implementation are recreated in it.

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: *Faibey J. Robayo. B.*

Firma:

Nombre Jurado: *Agustin Soto a. (uust.-)*

Firma:

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ENTRENADOR DE PLC INDUSTRIAL,  
CON SUS RESPECTIVAS PLANTAS DE TEMPERATURA, NIVEL Y POSICION,  
EN LOS LABORATORIOS DEL PROGRAMA ELECTRONICA DE LA  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

DUVAN ARTURO BUSTOS PAJOY  
Cód. 2008275921

JEFFERSON DUSSAN CUBI  
Cód. 2008275667

RAMIRO RINCON MURILLO  
Cód. 2008275998

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
NEIVA HUILA  
2015

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ENTRENADOR DE PLC INDUSTRIAL,  
CON SUS REPECTIVAS PLANTAS DE TEMPERATURA, NIVEL Y POSICION,  
EN LOS LABORATORIOS DEL PROGRAMA ELECTRONICA DE LA  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

DUVAN ARTURO BUSTOS PAJOY  
Cód. 2008275921

JEFFERSON DUSSAN CUBI  
Cód. 2008275667

RAMIRO RINCON MURILLO  
Cód. 2008275998

Trabajo presentado como requisito para obtener el título de  
INGENIERO ELECTRÓNICO

Director de tesis  
DIEGO FERNANDO SENDOYA LOSADA  
Magister Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
NEIVA HUILA  
2015

Nota de aceptación:

---

---

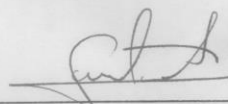
---

---

Firma del director de tesis



Firma del jurado



Firma del jurado

Neiva, Marzo del 2015



Quiero agradecer primero a Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida, por darme esperanza e iluminar mi camino en los tiempos difíciles, siendo consuelo cuando las cosas no salían como lo esperaba y motivo para jamás perder la fe.

A mis padres Arturo Bustos y Ninfa Pajoy, quienes siempre estuvieron para brindarme su respaldo, motivación, sus buenos consejos, e hicieron de mi un gran profesional y ser humano.

A mis hermanos Roque, Yeimy y Wilmer, contar con todo su apoyo, su compañía y su preocupación ha sido la mejor demostración de afecto y el impulso para salir adelante, iniciando por alcanzar esta meta.

Gracias a todos aquellos que pusieron su fe en mí en especial a ese ser incondicional María Alejandra Galindo, de quien recibí tanto apoyo para finalizar esta etapa, Alcides Bustos por haber sido como un padre cuando el mío faltó, con su ayuda que tanto necesité... A mis amigos y compañeros con quienes tuve la oportunidad de compartir todo este proceso.

Duvan Arturo Bustos Pajoy

Doy gracias ante todo a Dios, por haberme permitido llegar a esta tan anhelada meta, la cual en un principio veía muy lejana, por momentos quise desistir y dar el paso al costado, hoy se y tengo claro que tantos sufrimientos no fueron en vano y como me decía mi padre, “lo que uno logra con sufrimiento, tarde o temprano dará muy buenos frutos”, y además “para ser una gran persona se debe superar muchos obstáculos, sufrimientos”, “jamás olvide de donde viene y para donde va.”

Agradezco a mi familia por brindarme su colaboración y apoyo durante toda una vida, en especial a mi madre Mercedes Murillo, a mi padre Ramiro Rincón, mis hermanas Diana Paola, Doris y Emilce, a mis hermanos Edwin David y Fabio Nelson, a mi novia Diana Jimena, a mis compañeros Duvan Arturo, Jefferson, Jessica, Tatiana y a todas aquellas personas que de muchas maneras contribuyeron y aportaron para que me formara como persona y como profesional.

Ramiro Rincón Murillo

Este trabajo no habría sido posible sin la influencia directa o indirecta de muchas personas a las que agradezco profundamente por estar presentes en las distintas etapas de su elaboración, así como en el resto de mi vida.

A todos los docentes de la Universidad Surcolombiana que compartieron sus conocimientos, dentro y fuera de clase, haciendo posible que mi formación profesional se resumiera en satisfacciones académicas.

A mis amigos y compañeros. A quienes trabajaron conmigo hombro a hombro durante cinco cortos años poniendo lo mejor de su energía y empeño por el bien de nuestra formación profesional, a quienes compartieron su confianza, tiempo, y los mejores momentos que viví durante esta etapa como estudiante de pregrado, dentro y fuera de la universidad.

Por último a mi familia y seres más queridos, en especial a mis padres por no perderse un sólo día de mi vida alegrándola con su particular modo de ver, de ser y hacer las cosas en su constante, difícil y poco reconocida labor de ser los mejores guías y ejemplo que cualquiera pudiera siquiera imaginar.

Jefferson Dussan Cubi

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a:

Diego Fernando Sendoya Losada, Ingeniero Electrónico, Especialista en Automatización Industrial, Magíster en Ingeniería de Control Industrial, Director del presente trabajo.

Faiber Ignacio Robayo Betancourt, Ingeniero Electrónico, jurado del Proyecto de Grado.

Agustín Soto Otálora, Ingeniero Electrónico, especialista en Automatización.

Carlos Morales, ingeniero electrónico, quién nos prestó sus servicios para realizar el presente trabajo.

Román Reyes, Ornamentador, por apoyarnos en la realización de la estructuras del presente trabajo.

Y a todos aquellos compañeros, amigos y familiares, que en uno u otro momento nos apoyaron en nuestras dificultades.

## Contenido

	Pág.
GLOSARIO.....	15
INTRODUCCIÓN.....	18
1. OBJETIVOS .....	19
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
2. MARCO TEORICO .....	20
2.1 GENERALIDADES DE LOS PLC INDUSTRIALES.....	20
2.1.1 Conceptos preliminares. ....	20
2.1.2 ¿Que es un PLC? .....	20
2.1.3 Funcionamiento básico .....	21
2.1.4 Estructura interna .....	23
2.1.5 Algunas ventajas brindadas por los PLC.....	23
3. PROGRAMACIÓN DEL PLC .....	25
3.1 ELEMENTOS NECESARIOS .....	25
3.2 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.....	26
3.2.1 Ladder diagram (LD).....	26
3.2.2 Function block diagram (FBD) .....	26
3.2.3 Instruction list (IL) .....	26
3.2.4 Structured text (ST).....	27

3.2.5 Sequential function chart (SFC) .....	27
4. DESCRIPCION DEL PLC Y LOS MÓDULOS UTILIZADOS .....	28
4.1 PLC's ALLEN BRADLEY .....	28
4.1.1 Sistemas de control de altas prestaciones .....	28
4.1.2 Sistemas de control micro y nano .....	28
4.1.3 Sistemas de control pequeños .....	29
4.2 SISTEMAS DE CONTROL SLC 500.....	29
4.2.1 Familia SLC 500 .....	29
4.3 PLC ALLEN BRADLEY 1746 .....	30
4.3.1 Módulos que conforman el PLC a usar .....	30
5. INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN .....	41
5.1 RSLINX CLASSIC .....	41
5.1.1 Cable de convertidor serial a USB .....	41
5.1.2 Cable null modem RS-232 hembra-hembra .....	42
5.1.3 interfaz del RSLinx Classic .....	42
5.2 RSLOGIX 500.....	46
5.2.1 Configuración de un nuevo proyecto.....	47
5.2.2 Área de trabajo RSLogix 500 .....	50
5.3 FACTORYTALK VIEW STUDIO .....	54
6. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO ENTRENADOR DE PLC Y SUS RESPECTIVAS PLANTAS .....	57
6.1 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN .....	57
6.1.1 Facilidad en desplazamiento y ergonomía .....	57

6.1.2 Estética.....	57
6.1.3 Robustez .....	57
6.2 TIPO Y CANTIDAD DE ELEMENTOS ELECTRICOS.....	57
6.2.1 Fusibles y borneras.....	58
6.2.2 Breaker .....	58
6.2.3 Pilotos luminosos y alarmas.....	58
6.2.4 Pulsadores.....	58
6.2.5 Bananas y conectores .....	58
6.2.6 Relé .....	58
6.2.7 Cantidad de elementos usados.....	58
6.3 MARCACION Y CABLEADO .....	59
6.4 DIMENSIONES Y VISTAS DEL MÓDULO Y LAS PLANTAS .....	60
6.4.1 Módulo principal.....	60
6.4.2 Diseño de planta de posición angular .....	63
6.4.3 Diseño e implementación planta de temperatura .....	68
6.4.4 Diseño e implementación planta de nivel.....	72
6.4.5. Listado de materiales con su respectivo costo .....	79
7. CONCLUSIONES .....	80
8. RECOMENDACIONES.....	81
CITAS BIBLIOGRAFICAS .....	82
BIBLIOGRAFIA.....	82
ANEXOS .....	84

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura básica de un PLC	22
Figura 2. Tratamiento secuencial de la información	22
Figura 3. Proceso de arranque y paro en un PLC	23
Figura 4. Constitución interna de un PLC	24
Figura 5. Diagrama de terminales tarjeta 1746-NI16I	34
Figura 6. Cableado de las entradas y tipos de sensores	34
Figura 7. Conexiones del módulo 1746-OW16	38
Figura 8. Cable convertidor serial USB	41
Figura 9. Esquema de fabricación cable null modem	42
Figura 10. Ventana inicial RSLinx Classic	43
Figura 11. Tipos de drivers de comunicación	43
Figura 12. Configuración de nuevo drivers de comunicación	44
Figura 13. Vista de puerto COM a Utilizar en la comunicación	44
Figura 14. Comunicación establecida RSLinx Classic- PLC	45
Figura 15. Error Puerto COM no valido	46
Figura 16. Árbol de conexión	46
Figura 17. Apertura inicial del programa RSLogix 500	47
Figura 18. Tipo de procesadores	47
Figura 19. Configuración de driver de comunicación a usar	48
Figura 20. Configuración de I/O automática	49



Figura 21. Configuración de I/O manual	49
Figura 22. Área de trabajo Rslogix 500	50
Figura 23. Pantalla inicial FactoryTalk View Studio	54
Figura 24. Selección tipo de aplicación	54
Figura 25. Pantalla del área de trabajo FactoryTalk View Studio	55
Figura 26. Diagrama de diseño módulo entrenador	61
Figura 27. Vista real módulo principal	62
Figura 28. Circuito elevador de voltaje	64
Figura 29. Distribución de elementos planta de posición	65
Figura 30. Interface FactoryTalk View planta de posición	66
Figura 31. Esquema de distribución eléctrica planta de posición	67
Figura 32. Diagrama de bloques de la planta de temperatura	68
Figura 33. Distribución de elementos planta de temperatura	70
Figura 34. Interfaz FactoryTalk View planta de temperatura	70
Figura 35. Esquema de distribución eléctrica planta de temperatura	71
Figura 36. Tanque superior planta de nivel	72
Figura 37. Tanque inferior planta de nivel	73
Figura 38. Estructura tanque inferior planta de nivel	74
Figura 39. Estructura tanque superior planta de nivel	74
Figura 40. Montaje completo planta de nivel	75
Figura 41. Distribución de elementos planta de nivel	76
Figura 47. Interfaz FactoryTalk View planta de nivel	77



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones para el módulo de entrada 1746-IB32	33
Tabla 2. Configuración canal de palabra	35
Tabla 3. Valores de los datos del canal para unidades de ingeniería	36
Tabla 4. Valores de los datos del canal para datos escalados	36
Tabla 5. Rango de corriente y tensión en la entrada módulo 1746-NI16I	37
Tabla 6. Códigos de error y bits asociados	37
Tabla 7. Características del módulo 1746-OW16	38
Tabla 8. Especificaciones módulo de salidas análogas 1746-NO4I	39
Tabla 9. Diagnóstico de módulos e interfaz de operador	40
Tabla 10. Intrusiones de básicas	52
Tabla 11. Direccionamiento de salidas y entradas	53
Tabla 12. Cantidad de elementos usados	59
Tabla 13. Estandarización de los valores de AWG	59
Tabla 14. Materiales usados planta de posición	64
Tabla 15. Materiales usados para la planta de temperatura	69
Tabla 16. Materiales usados para la planta de nivel.	75
Tabla 17. Listado de materiales y de precios	79

## GLOSARIO

**DH+:** Protocolo de comunicación para redes industriales con características de alta velocidad.

**DH-485:** protocolo de comunicación utilizado en la implementación de redes industriales.

**HMI:** Interfaz humano-máquina

**LADDER:** Metodología utilizada en los PLC para subdividir el programa principal en procedimientos.

**OPC:** estándar para recolección de datos en aplicaciones a nivel industrial por medio de un esquema cliente-servidor. Sus siglas en inglés significan: Ole for process control.

**PLC:** Controlador lógico programable.

**RSLOGIX:** Software especializado para la programación de los controladores lógicos programables (PLC).

**RSLINX:** Software para administrar la interfaz de los Software de la marca Rockwell.

**SLC 500:** Familia de controladores lógicos de la marca Allen Brandley. Sus siglas en inglés significan: Small logic controller.

**SQL:** Sus siglas en inglés significan Standard Query language. Es un estándar para crear consultas en bases de datos.

**TAG:** se refiere a una variable dentro del sistema.

## RESUMEN

El trabajo realizado consiste en la elaboración de un módulo entrenador para PLC industrial con tres plantas; temperatura, nivel y posición, para tal caso se usó un PLC Allen Bradley 1746, unas borneras de protección, así como unas de conexión, que van a estar fijadas en el módulo principal. Con este proyecto se busca que los estudiantes del programa de ingeniería electrónica tengan la posibilidad de conocer y trabajar, tanto los equipos como los elementos que se están utilizando actualmente en las distintas industrias, así como en el manejo y control de procesos, siendo estas unas de las principales funciones que se buscan simular con cada una de las plantas de nivel, temperatura y posición, de esta manera contribuir al mejoramiento y desarrollo de los laboratorios del programa.

En este libro se encuentra la principal información que se necesitó para la elaboración de los módulos entrenadores PLC industrial; aspectos de diseño, construcción e implementación son recreados en el mismo

## **ABSTRACT**

The work involves the development of an industrial PLC module coach three floors; temperature, level and position, for this case used an Allen Bradley PLC 1746, a terminal blocks protection as well as a connection that will be fixed in the main module. This project seeks students of electrical engineering program have the opportunity to meet and work, both equipment items that are currently being used in various industries as well as in the management and process control, these being a of the main functions that are searched simulate each plant level, temperature and position, thus contributing to the improvement and development laboratories of the program.

This book is the main information needed for the development of coaches industrial PLC modules; aspects of design, construction and implementation are recreated in the same

## INTRODUCCIÓN

La realización de este proyecto surge como respuesta a la necesidad de implementar un laboratorio adecuado para el uso y manejo de PLC (Controlador Lógico Programable), para los laboratorios del Programa Ingeniería Electrónica, de la Universidad Surcolombiana, en sus materias: Sistemas Automatizados con PLC y Electrónica Industrial, sin ser de carácter excluyente para otras materias del programa. Hoy en día los distintos procesos industriales, tales como manejo de motores, bandas transportadoras, temperatura en una caldera, niveles de tanques con distintos compuestos, entre otros, son llevados a cabo y con gran eficiencia por estos controladores en los diferentes campos de la industria, por tanto los estudiantes deben tener pleno conocimiento e interactuar con estos dispositivos, ya que en su futuro laboral se pueden encontrar con un PLC.

El proyecto de grado consta del diseño e implementación de un entrenador para PLC Industrial, con tres plantas, Temperatura, Nivel y Posición, con su respectiva documentación, además de una guía de 6 prácticas para que los estudiantes tengan la posibilidad de interactuar con el módulo y cada una de las plantas anteriormente mencionadas. El módulo entrenador de PLC Industrial muestra todos los elementos necesarios para realizar o simular procesos industriales; PLC, contactores, pulsadores, alarmas, bornes con sus respectivos fusibles, protecciones como relés térmicos, breakers y fusibles, entre otros. Para el diseño e implementación del módulo entrenador, la universidad nos brindó el PLC Allen Bradley 1746, los demás elementos fueron adquiridos por nuestra propia cuenta.

En el programa de Ingeniería Electrónica no se han presentado antecedentes de proyectos de esta magnitud. Cabe resaltar que es de gran importancia la elaboración del mismo para contribuir a la formación profesional de cada uno de sus estudiantes, quienes se preparan para una futura vida laboral de altas exigencias y competitividad.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un entrenador de PLC industrial con sus respectivas plantas de temperatura, nivel y posición, en los laboratorios del programa Ingeniería Electrónica de la Universidad Surcolombiana.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Diseñar e implementar una planta de temperatura para uso en las prácticas de laboratorio con el entrenador de PLC industrial.

Diseñar e implementar una planta de posición para uso en las prácticas de laboratorio con el entrenador de PLC industrial.

Diseñar e implementar una planta de nivel para uso en las prácticas de laboratorio con el entrenador de PLC industrial.

Implementar seis guías de laboratorio para usar en el entrenador de PLC industrial, integrando procesos de simulación y programación.



## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 GENERALIDADES DE LOS PLC INDUSTRIALES

**2.1.1 Conceptos preliminares.** Un PLC es un dispositivo electrónico programable, que se usa para controlar variables de procesos industriales, los cuales se desarrollan en tiempo real. Todas las industrias buscan reducir costos y aumentar producción y ganancias en los distintos procesos industriales, es por esto que la complejidad, los tiempos en los procesos de control y producción, hace que los PLC estén cada vez más difundidos en las aplicaciones de automatización. También la rápida evolución de la industria es un factor que requiere de estos dispositivos para resolver las tareas de automatización.

El PLC que se usa en este proyecto es el Allen Bradley 1746 de la familia de controladores SLC 500, esta marca es una de las más utilizadas a nivel mundial, por su gran eficiencia y fácil manejo.

**2.1.2 ¿Que es un PLC?** El PLC (Controlador Lógico Programable) también llamado autómeta programable es un dispositivo electrónico programable, muy similar a un computador con su hardware, memoria, procesadores, etc. Es utilizado para cumplir funciones de automatismos lógicos y control de procesos de manufactura en ambiente industrial y tiempo real. Un PLC permite controlar o proteger un proceso industrial, brindando además, la posibilidad de realizar monitoreo y diagnóstico de condiciones (alarmas), que pueden ser presentadas y visualizadas a través de un HMI (Human-Machine Interface) o pantalla de operación, así como también para una red de control superior. Un PLC es un ejemplo eficiente de control en tiempo real, pues reacciona automáticamente ante las condiciones variables que está controlando, puede ser parte de un sistema de control distribuido (DCS), de un SCADA o del sistema de seguridad; SCADA es una red orientada al monitoreo de equipos distantes (no necesariamente en tiempo real) ESCUDERO (M. LEMA J. C y SANCHEZ R, 2012).

Los antiguos sistemas de control eran muchos más robustos que los de ahora, las tareas de control se solucionaban mediante relés y contactores. Esto era bastante engorroso, a este sistema se le llamaba control mediante lógica cableada y para poder trabajar con él, era necesario diseñar los diagramas de circuitos, especificar e instalar los componentes eléctricos, de la misma manera crear las listas de cableados. En comparación con los antiguos, los sistemas de control que utilizan PLC, son más fáciles trabajar, puesto que si ocurre alguna falla o error, esta se

puede detectar y corregir mediante programación en el programa que este cargado en la memoria del PLC.

Un PLC puede considerarse como un controlador digital, ya que es un dispositivo capaz de tomar decisiones lógicas, puede realizar funciones combinatorias y secuenciales, contar, llevar control de tiempo, asimismo ejecuta operaciones con operando de uno o más bits, también puede convertir códigos, comparar y transmitir diferentes tipos de información. Puede ser tratado como un controlador análogo, ya que puede controlar procesos de una o más variables siguiendo algoritmos de control clásico, procesando variables análogas de entrada y salida, además de esto puede realizar control no lineal; se puede catalogar como un dispositivo de interface, ya que captura información del mundo real discreto y análogo, devolviendo señales de ambas características, se incluye en los sistemas de adquisición de datos, ya que este recoge gran cantidad de datos del mundo real, los almacena y procesa, para posteriormente utilizarlos en procesos de control y gestión (IDARRAGA G, Yerson S, 2006).

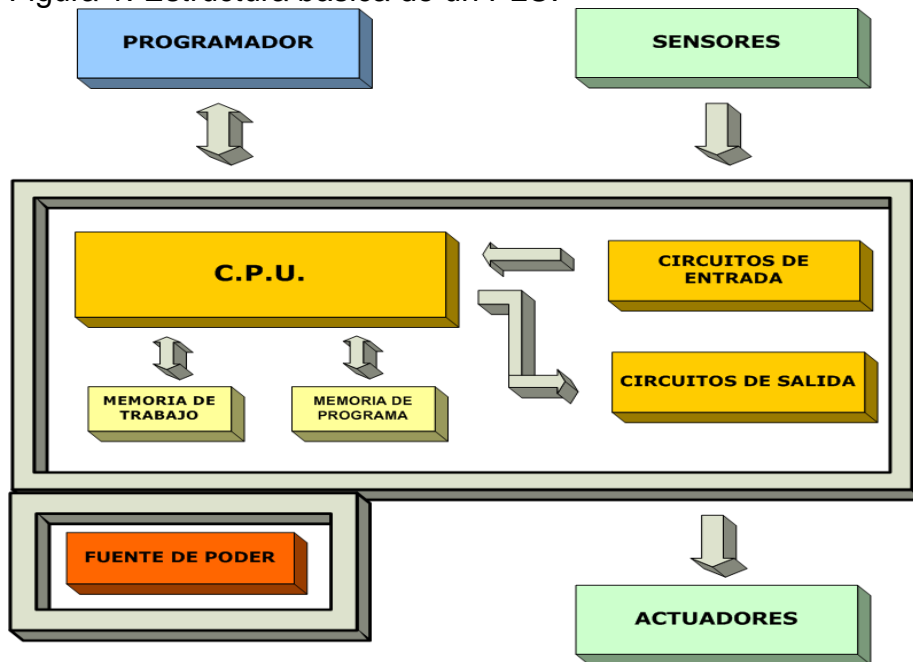
Como parte de un sistema de comunicaciones el PLC se puede comunicar con otros a su vez mediante el empleo de redes locales, por medio de sus puertos RS232, DH485.

**2.1.3 Funcionamiento básico.** Un PLC o controlador lógico programable, está constituido principalmente por una CPU o procesador, una fuente de alimentación, módulos de entradas y salidas (analógicas y digitales).

Una entrada acepta una gran variedad de señales analógicas o digitales de diversos dispositivos como sensores, pulsadores entre otros, los cuales son convertidos en señales lógicas para luego ser usadas por el PLC, quien es el encargado de tomar decisiones y ejecuta las acciones de control, basándose en las instrucciones del programa cargadas en la memoria del dispositivo. Los módulos de salida convierten las instrucciones de control de la CPU en una señal digital o analógica (dependiendo del módulo de salida) que se pueda usar para controlar diversos dispositivos como contactores pilotos y muchos actuadores más. Estas instrucciones especifican lo que debe hacer el PLC según una entrada especificada.

A continuación se puede observar la estructura básica de un PLC mediante diagramas de bloques:

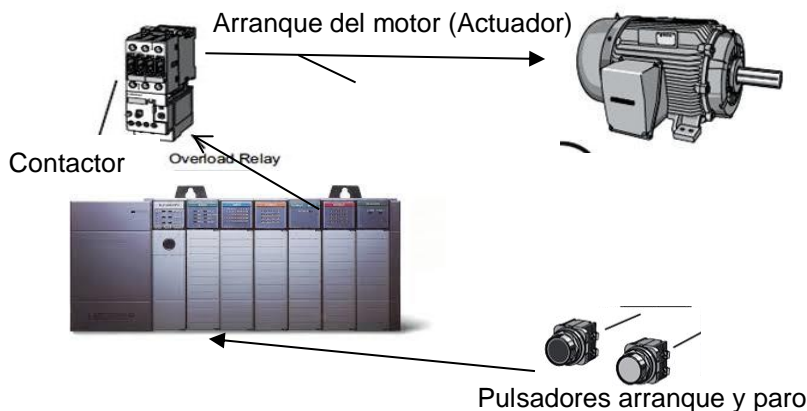
Figura 1. Estructura básica de un PLC.



Fuente: <http://app.emaze.com/@A00FCCIL/plc-dos#1>

En la figura 2 observamos un ejemplo práctico y muy común en cualquier sistema de control, se trata del proceso de arranque y paro de un motor, en lo que es necesario contar con algunos dispositivos adicionales como lo son los pulsadores quienes van a ir conectados a las entradas del PLC, y son los encargados de ejecutar las acciones de arranque y paro, el motor va a estar conectado a través de un actuador a la salida en este caso un contactor.

Figura 2. Proceso de arranque y paro en un PLC 1746

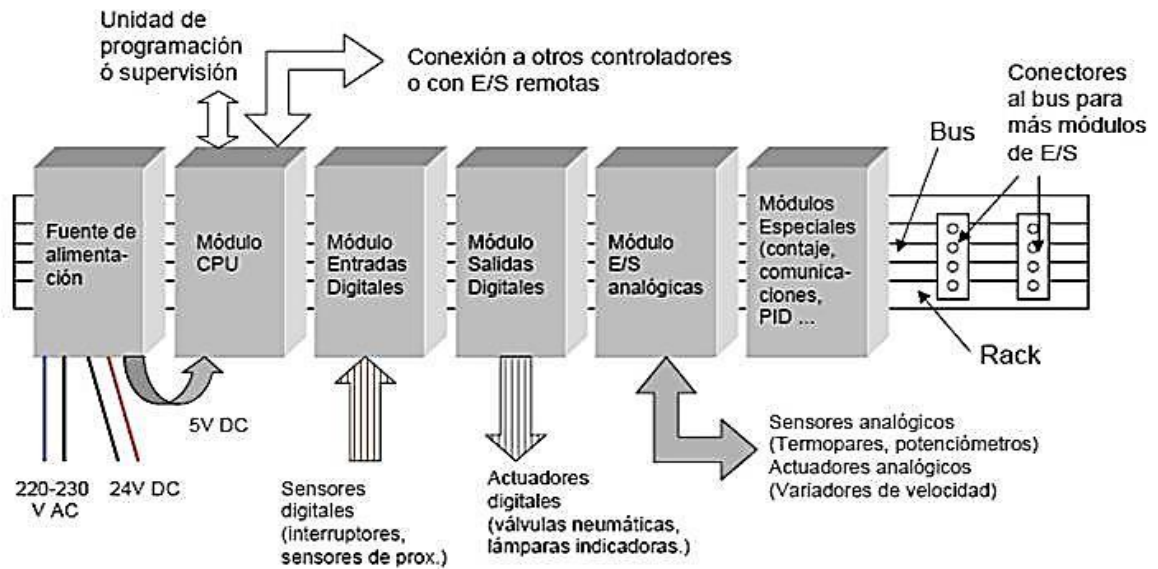


Fuente: Autores

- El PLC lee el estado de las entradas (pulsadores arranque y paro)
- El programa previamente cargado y almacenado en el PLC utiliza las entradas para evaluar la lógica. Durante la ejecución del programa, el PLC actualiza los datos.
- El PLC escribe los datos en las salidas y arranca el motor mediante el contactor.

**2.1.4 Estructura interna.** Internamente un PLC cuenta con un procesador o CPU, memorias internas, memorias de programas, interfaces de entrada y salida, buses de direccionamiento y de datos, puertos periféricos y fuente.

Figura 3. Constitución interna de un PLC



Fuente: <http://davidrojasticsplc.wordpress.com/2009/01/14/arquitectura-y-apariencia-externa/>

La CPU realiza operaciones de tiempo (ya sea trabajando con retardos o temporizador), de secuencia, de combinación, de auto mantenimiento y retención. La interfaz de entrada es quien establece la comunicación entre el proceso a controlar y la CPU, cumpliendo además funciones de filtrado, adaptación y codificación de las señales de entrada, mientras que la interfaz de salida hace la decodificación y ampliación de las señales que se han generado durante la ejecución del programa.

**2.1.5 Algunas ventajas brindadas por los PLC.** Los PLC tienen menor tamaño físico que las soluciones de cableado y mejor distribución de las redes eléctricas

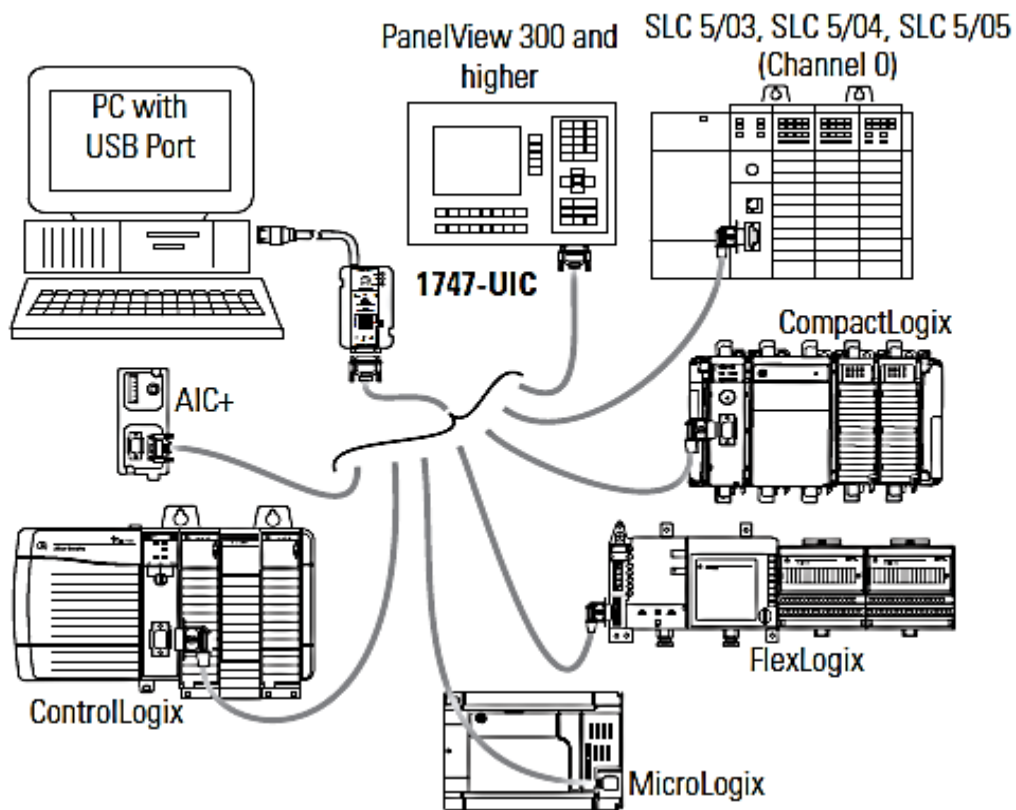
por la disminución de cableados. La realización de cambios funcionales es más fácil y más rápida, ya que estos se hacen por medio de programación y el mismo software indica donde se encuentra la falla o error. Los PLC llevan funciones integradas de diagnóstico y monitoreo, que al momento de alguna falla se encienden o activan alarmas, para su posterior revisión y solución.

### 3. PROGRAMACIÓN DEL PLC

#### 3.1 ELEMENTOS NECESARIOS

Para llevar a cabo esta acción es necesario contar con un computador que tenga un buen procesador, que pueda manejar un software especial que depende de la marca y modelo de cada PLC o en su defecto de una programadora manual, la cual se asemeja a una calculadora. También se requiere que estos elementos estén conectados a través de un cable que se conecta a los puertos de comunicación de cada elemento, de los cuales hablaremos más adelante.

Figura 4. Conexión por puerto RS-232 entre un pc y los distintos PLC y panel View.



Fuente; [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1747-um011\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1747-um011_-en-p.pdf)

## 3.2 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Los lenguajes de programación para los PLC son distintos y variados para cada familia; la norma IEC 1131 estableció cinco lenguajes específicos, los cuales son:

- Ladder Diagram ( LD )
- Function Block Diagram ( FBD )
- Instruction List ( IL )
- Structured text ( ST )
- Sequential Function Chart ( SFC )

### 3.2.1 Ladder diagram (LD). Características generales:

- Elementos gráficos organizados en redes conectadas por barras de alimentación.
- Forma gráfica de los elementos impuesta.
- Evaluación de la red por elementos interconectados.
- Elementos utilizados: contactos, bobinas, funciones, bloques funcionales.
- Elementos de control de programa (salto, return,...).

### 3.2.2 Function block diagram (FBD). Características generales:

- Representación de funciones por bloques enlazados uno a otro.
- Ninguna conexión entre salidas de bloques de función.
- Evaluación de una red: de la salida de un bloque funcional a la entrada de otro bloque funcional.

### 3.2.3 Instruction list (IL). Características generales:

- Se encuentra formado por una serie de instrucciones: cada una debe empezar en una línea nueva.
- Una instrucción está compuesta por un operador y uno o más operandos separados por comas.
- Las etiquetas son opcionales y deben terminar en “:”

- Los comentarios son opcionales y deben ser el último elemento de una línea. El comienzo y el final de los comentarios está indicado mediante los símbolos (\* \*).
- Los bloques de función se emplean con la ayuda de un operador específico (CAL) o utilizando entradas del bloque funcional como operadores.

### 3.2.4 Structured text (ST). Características generales:

- Sintaxis similar a la de PASCAL, permitiendo la descripción de estructuras algorítmicas complejas;
- Sucesión de enunciados para la asignación de variables, el control de funciones y bloques de función, usando operadores, repeticiones, ejecuciones condicionales;
- Los enunciados deben terminar con “;”

### 3.2.5 Sequential function chart (SFC). Características generales:

- Particularmente útil para describir funciones de control secuencial.
- Punto de partida: la norma GRAFCET IEC 848.
- Etapas representadas gráficamente por un bloque o literalmente mediante una instrucción común a los lenguajes IL y ST:  
STEP.....END\_STEP
- Transiciones representadas gráficamente por una línea horizontal o literalmente mediante la instrucción:  
TRANSITION.....END\_TRANSITION
- Condición de transición programable en lenguaje LD, FBD, IL o ST.
- Acciones asociadas a las etapas: variables booleanas o un segmento de programa escrito en uno de los cinco lenguajes.
- Asociación entre acciones y etapas de forma gráfica o literal.
- Propiedades (calificaciones) de acción que permiten temporizar la acción, crear pulsos, memorizar.



## 4. DESCRIPCION DEL PLC Y LOS MÓDULOS UTILIZADOS

### 4.1 PLC's ALLEN BRADLEY

Las soluciones que presenta Allen Bradley para implementar sistemas de control con PLC's son diversas y cuenta con familias de controladores lógicos programables dependiendo los tipos de sistemas de control, por ejemplo si son:

- Sistemas de control de altas prestaciones
- Sistemas de control Micro y Nano
- Sistema de control pequeño

**4.1.1 Sistemas de control de altas prestaciones.** Los sistemas de control de altas prestaciones por su arquitectura y rango de opciones de entradas y salidas cubre cualquier tipo de necesidad en las aplicaciones más exigentes, sus capacidades de primer nivel son aplicadas en todas las disciplinas como procesos, seguridad y movimiento. Los PAC y PLC proporcionan buena confiabilidad y rendimientos. A este sistema de control pertenecen las siguientes familias:

- Sistema de control ControlLogix 1756
- Sistema de seguridad integrado GuardLogix 1756
- Sistemas de control de seguridad GuardPLC
- Sistema de control PLC-5
- Sistema de control SoftLogix

**4.1.2 Sistemas de control micro y nano.** Los sistemas de control micro y nano cubre las necesidades básicas del sistema a controlar, puede utilizarse para el remplazo de relés en la temporización y en la lógica de control, sus características de comunicación, entradas y salidas, fácil uso hace este PLC ideal para la automatización de sistemas de iluminación y seguridad.

- Sistemas de control Micro800
- Sistemas de control MicroLogix
- Sistema de control Pico

**4.1.3 Sistemas de control pequeños.** Los PLC pequeños son ideales para aplicaciones de nivel medio, por sus características y flexibilidad y ahorro de tiempo, su diseño de seguridad es basado en chasis, compactos y modulares, una de las áreas donde son utilizados estos controladores es en la automatización de maquinarias y procesos de alta productividad o en lotes

- Sistema de seguridad compacto GuardLogix 1768
- Sistemas de control CompactLogix
- Sistema de control SLC 500
- Controladores SmartGuard 600

## **4.2 SISTEMAS DE CONTROL SLC 500**

El PLC SLC 500 tiene un diseño basado en chasis y E/S modular lo cual permite una gran capacidad, cuenta con múltiples opciones de procesamiento y de fuentes de alimentación, sus aplicaciones son perfectas para el control industrial y procesos de rango medio, con un amplio rango de elecciones de memoria y conjunto de instrucciones, este PLC fue uno de los primeros controladores pequeños con esta capacidad que salió al mercado y una década más tarde aún sigue siendo el PLC estándar.

**4.2.1 Familia SLC 500.** La familia SLC 500 tiene dos tipos de controladores programables (PLC's)

- PLC's compactos SLC 500
- PLC's modulares SLC 500

**4.2.1.1 PLC's compactos SLC 500.** Ofrecen 20, 30, o 40 E/S digitales fijas en 24 diferentes versiones, para soportar entradas a 24 Vol. dc, o 120/240 bol ac y salidas tipo relé, triac o transistor. Adicionando un chasis de expansión, se pueden adicionar dos módulos de E/S para un total de 64 E/S adicionales (ROCKWELL AUTOMATION, 2003).

**4.2.1.2 PLC's modulares SLC 500.** Este PLC brinda un rango completo de E/S, digitales, analógicas y especiales que permiten controlar diversas aplicaciones. Puede hacer parte de una red de control dedicado, es decir, que puede usar un

módulo adaptador de comunicación de E/S en un chasis de una ubicación remota con respecto al controlador.

### **4.3 PLC ALLEN BRADLEY 1746**

Este equipo hace parte de la familia de SLC 500, las características más importantes las encontramos a continuación:

- Se instala en un chasis SLC 500
- Conecte hasta tres chasis con 30 módulos de E/S a un solo controlador o adaptador de comunicación
- Los circuitos de acoplamiento óptico y filtro proporcionan reducción del ruido de la señal
- Algunos módulos incluyen bloques de terminales extraíbles con codificación de colores.

**4.3.1 Módulos que conforman el PLC a usar.** El equipo que vamos a utilizar para el desarrollo del proyecto hace parte de la familia antes mencionada, usa un chasis SLC 500 de 7 slots, con las siguientes tarjetas o módulos:

- Un procesador SLC 5/03
- Un módulo de entradas digitales 1746-IB32
- Un módulo de entradas análogas 1746-NI16I
- Dos módulos de salidas análogas 1746-NO4I
- Un módulo Basic 1746-BAS
- Un módulo de salida Relé 1746-OW16

**4.3.1.1 Procesador SLC 5/03.** Este procesador ofrece las siguientes características: memoria de programa de 8K a 16K palabras, soporta hasta 1024 entradas y salidas, tiempo de ejecución de bit de 0.44 uS. Para la comunicación cuenta con un puerto DH485 y un puerto RS-232 (DF1 o ASCII), es configurable para una red Data Highway 485(DH-485) (AUTOMATION, 2008).

En aplicaciones de proceso continuo esta es una excelente solución ya que tiene incorporado un canal rs-232 para hacer conexiones con dispositivos externos sin necesidad de módulos adicionales, aparte de esto ofrece:

- Tamaño de memoria total de 8 K o 16 K.
- Control de hasta 4096 puntos de entrada y salida.
- Programación en línea (incluye edición en tiempo de ejecución).
- Canal DH-485 incorporado.
- Canal RS-232 incorporado compatible con full-dúplex DF1, maestro/esclavo half-duplex DF1 para SCADA, DH-485 usando un 1761-NET-AIC con cable 1747-CP3 y protocolos ASCII.
- Función de paso "passthrough" de E/S remota desde el canal 0 (DF1) o el canal 1 (DH485) mediante un módulo escáner de E/S remota 1747-SN o 1747-BSN.
- Función de paso "passthrough" se divide mediante un módulo escáner de DeviceNet 1747-SDN.
- Reloj/calendario en tiempo real incorporado.
- 2 ms de interrupción temporizada seleccionable (STI).
- 0.50 ms de interrupción de entrada discreta (DII).
- Funciones matemáticas avanzadas: trigonométricas, PID, exponenciales, punto flotante (coma flotante) e instrucciones de cálculo.
- Direccionamiento indirecto.
- El PROM de la memoria flash proporciona actualizaciones de firmware sin cambiar EPROMS físicamente.
- Módulo de memoria flash EPROM opcional disponible.
- Interruptor de llave: RUN, REMote, PROGram.
- RAM con batería de respaldo.

**4.3.1.1.1 Procedimiento de instalación.** Se deben seguir los pasos a continuación:

- Guarde el programa de usuario actual en el disco duro utilizando el software de programación, de un módulo de memoria o en un dispositivo 1747-PSD de almacenamiento de programas.
- Quite el cable de comunicación entre el procesador y la terminal de programación.
- Apague el chasis que contiene el procesador.
- Extraiga el procesador del chasis
- Conecte el paquete de actualización del sistema firmware / operativo en el zócalo de módulo de memoria.
- Firmemente colocar el procesador en el chasis.
- Después de completar la descarga, desconectar la alimentación del chasis que contiene el procesador.
- Extraiga el procesador del chasis.

- Retire con cuidado el paquete de actualización del firmware y lo coloca en el envase antiestático que le fue enviado.
- Mueva el sistema operativo de protección contra escritura jumper (J4) de vuelta a la posición protegida
- Aplique la etiqueta de actualización del firmware cerrado a la placa de identificación del procesador.
- Firmemente colocar el procesador en el chasis.
- Conecte el cable de comunicación entre el procesador y la terminal de programación.
- Aplique energía al chasis que contiene el procesador mientras se ve la pantalla LED.

Todos los LEDs deben encenderse y luego apague a excepción del LED FLT que debería restante intermitente. Si el LED FLT se enciende y una combinación de LEDs se enciende y apagan indicando una condición de error, consulte la información de resolución de problemas en este documento. Restaurar su programa.

**4.3.1.1.2 La identificación de errores del procesador durante la descarga del firmware.** El proceso de descarga del sistema / de funcionamiento del firmware puede tardar hasta 2,5 minutos. Mientras que la descarga está en curso, los LEDs RUN y FLT permanecen apagadas. Los otros cuatro LEDs - RS232, DH485 (DH + en el SLC 5.4), FORCE, y BATT - se encienden y apagan en una secuencia de bits a bits. Si la descarga se realiza correctamente, estos cuatro LEDs permanecen encendidos.

Si la descarga no se realiza correctamente, el LED FLT se enciende y apaga, una combinación de LEDs se encienden y apagan indicando una condición de error. El Anexo A tabla de errores del procesador, proporciona información sobre los mensajes de error, la posible causa (s) para el error, y recomienda la acción (s) a tomar para resolver el error.

**4.3.1.2 Módulo de entradas digitales 1746-IB32.** Este módulo presenta una categoría de voltaje de 24 Vol., tiene capacidad para 32 señales digitales, las cuales varían entre los 0 o 1, puertos COM 8, tensión de funcionamiento; 15 a 30 Vol. dc a 50 ° C, 15 a 26.4 Vol. dc a 60 ° C (ROCKWELL AUTOMATION, 2012).

En la Tabla 1 muestra las especificaciones para la tarjeta de entradas digitales referencia 1746- IB32:

Tabla 1. Especificaciones para módulo de entradas digitales 1746-IB32

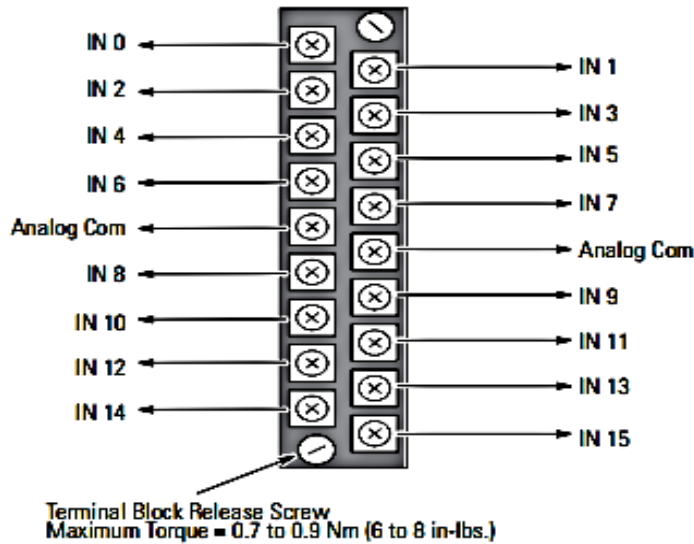
<b>Descripción:</b>		Especificaciones 1746- IB32
<b>Categoría de voltaje</b>		24 V
<b>Número de entradas</b>		32
<b>Puntos por común</b>		8
<b>Voltaje operación</b>		15 a 30 V dc a 50 °C 15 a 26.4 V dc a 60 °C
<b>Consumo de corriente</b>	<b>5V</b>	0.050 <sup>a</sup>
	<b>24V</b>	0A
<b>Aislamiento para el Blackplane</b>		1500V ac por 1 mt.
<b>Señal de retardo (máx.)</b>		ON= 3ms OF= 3ms
<b>On estado de voltaje (min.)</b>		15.0 V dc
<b>Off estado de voltaje (máx.)</b>		5.0 V dc
<b>Off estado de corriente (máx.)</b>		1.5 m A
<b>Entrada nominal de corriente a 24 V dc</b>		5.1 m A a 24 V dc
<b>Disipación de calor en watts por punto</b>		0.20
<b>Disipación de calor watts (min.)</b>		0.25
<b>Disipación de calor total en watts</b>		6.65

Fuente: <http://www.icmaster.com.hk/PDF/1746-IB32.pdf>

**4.3.1.3 Módulo de entradas análogas 1646-NI16I.** Esta tarjeta tiene capacidad para 16 señales analógicas, las cuales deben variar entre los  $\pm 20$  mA. Además cuenta con una palabra de configuración para cada canal, por medio del cual se elige el rango de variación, filtro de ruido y formato del dato. Las palabras de configuración se encuentran en las direcciones O: e.0 a la O: e.15, donde he es el slot donde se ubique la tarjeta, los datos se encuentran en I: e.0 a I: e.15; cada palabra es de 16 bits, lo que permite tener una resolución de 1  $\mu$ A/paso, es decir, si aumenta un microamperio el dato aumentará en uno.

La tarjeta cuenta con un terminal para cada entrada y dos comunes, como se muestra en la figura 6, esta tarjeta se conecta poniendo los terminales comunes a 0 V dc de la fuente, mientras que las entradas van a los sensores que le correspondan, como se muestra en la figura 7.

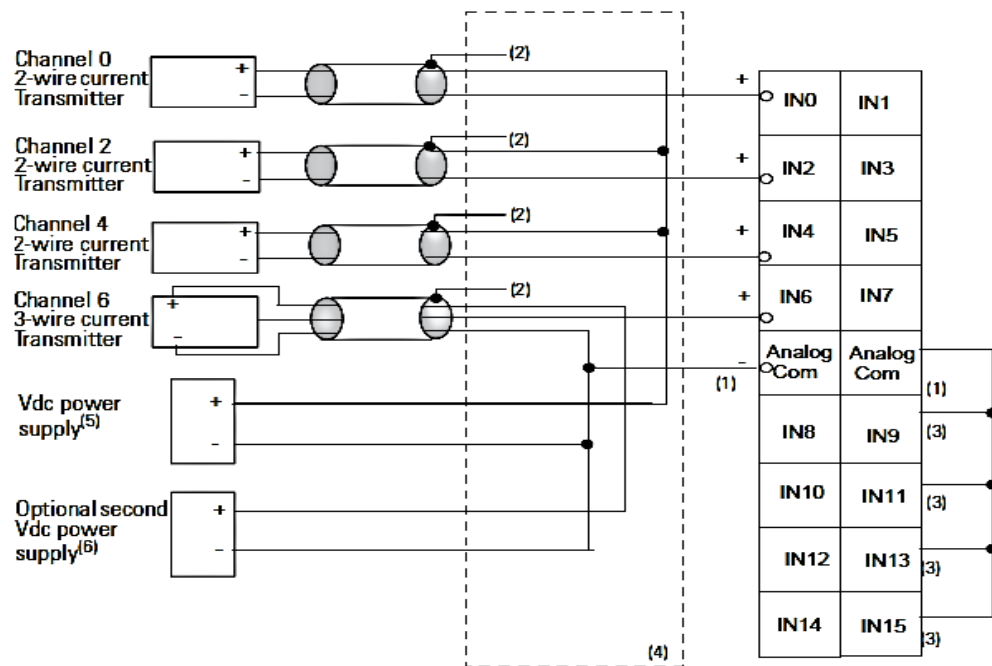
Figura 5. Diagrama de terminales tarjeta 1746-NI16I



Fuente:

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in001_-en-p.pdf)

Figura 6. Cableado de las entradas y diferentes tipo de sensores



Fuente:

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in001_-en-p.pdf)

La palabra de configuración de canal está compuesta por campos de bit, los cuales se configuran y determina cómo funciona el canal, en la siguiente tabla se observa como configurar el canal de palabra:

Tabla 2. Palabras de configuración de canal

Definir	Para seleccionar	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
<b>Clase 1 Datos o estado de configuración</b>	Leer Datos para el Canal 0 a 7															0	0
	Leer Datos para el Canal 8 a 15															0	1
	Leer estado para el Canal 0 a 7															1	0
	Leer estado para el Canal 8 a 15															1	1
<b>Protocolo de enlace clase 1</b>	Para reiniciar Estado del Bit 6															0	
	Configuración del canal de transmisión															1	
<b>Reservado</b>	no se utiliza															X	
<b>Tipo de entrada</b>	+/- 10 Vdc o +/- 20 ma												0	0			
	1 a 5 Vdc o 4 a 20 ma												0	1			
	0 a 5 Vdc o 0 a 1 ma												1	0			
	0 a 10 Vdc o 0 to 20 ma												1	1			
<b>Formato de datos</b>	Unidades de ingeniería								0	0	0						
	Escalado para PID								0	0	1						
	Conteos proporcionales								0	1	0						
	1746-NI4, Formato de datos								0	1	1						
	Usuario Límite Rango 0 (Clase 3 sólo)								1	0	0						
	Usuario Límite Rango 1 (clase 3 sólo)								1	0	1						
	Usuario Límite Rango 2 (clase 3 sólo)								1	1	0						
	Usuario Límite Rango 3 (clase 3 sólo)								1	1	1						
<b>Calibración</b> Tiene que ser desactivado para realizar la calibración de canal	Modo RUN Normal (Salir del Modo calibracion)					0	0	0									
	Entrar en el modo de calibración					0	0	1									
	Realizar la calibración del cero					0	1	1									
	Realice la calibración de escala completa					1	0	1									
<b>Frecuencia del filtro</b> Frecuencias de filtro se fijan de ch 0, 4, 8 y 12 para que canal y los 3 canales siguientes en ese grupo. Filtrar agrupaciones son: (0 a 3) (4 a 7) (8 a 11) y (12 a 15)	6 Hz		0	0	0												
	10Hz		0	0	1												
	20Hz		0	1	0												
	40Hz		0	1	1												
	60Hz		1	0	0												
	80 Hz		1	0	1												
	100Hz		1	1	0												
	250Hz		1	1	1												
<b>Canal Habilitar</b>	<b>Canal Desactivado</b>	0	1														
	<b>Canal habilitado</b>	1															

Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in001_-en-p.pdf)



La siguiente tabla muestra los valores de palabra de datos de canal para varios tipos de entrada y formatos de datos:

Tabla 3. Valores de los datos del canal para unidades de ingeniería

Valores de los datos del canal para unidades de ingeniería			
Tipo de entrada	Rango de señal	Unidades de ingeniería	Escala unidades de ingeniería
± 10V dc	-10.25V a +10.25V	-10250 a +10250	1 mV/Step
0 A 5V dc	-0.25V a +5.25V	-250 a +5250	1 mV/Step
1 a 5V dc	+0.75V a +5.25V	750 a +5250	1 mV/Step
0 a 10V dc	-0.5V a +10.25V	-500 a +10250	1 mV/Step
0 a 20 mA	-1.0 mA a +21 mA	-1000 a +21000	1.0µA/Step
4 a 20 mA	3.0 mA a +21 mA	-3000 a +21000	1.0µA/Step
± 20 mA	-21 mA a +21 mA	-21000 a +21000	1.0µA/Step
0 a 1 mA	-0.05 mA a +1.05 mA	-50 a +1050	1.0µA/Step

Fuente: <http://support.elmark.com.pl/rockwell/Literatura/1746-UM001A-EN-P.PDF>

La siguiente tabla muestra los valores de la escala completa por defecto para el formato de datos de conteos proporcionales.

Tabla 4. Valores de datos del canal para datos escalados

Valores de datos del canal para datos escalados				
Tipo de entrada	Rango de señal	Escalado por PID	Cuenta proporcional (default)	Formato de dato NI4
± 10V dc	-10.00V a +10.00V	0 a 16383	-32768 a 32767	-32768 a 32767
0 A 5V dc	0.00V a +5.00V	0 a 16383	-32768 a 32767	0 a 16384
1 a 5V dc	-1.00V a +5.00V	0 a 16383	-32768 a 32767	3277 a 16384
0 a 10V dc	0.0V a +10.00V	0 a 16383	-32768 a 32767	0 a 32767
0 a 20 mA	0.0 mA a +20.0 mA	0 a 16383	-32768 a 32767	0 a 16384
4 a 20 mA	4.0 mA a +20.0 mA	0 a 16383	-32768 a 32767	3277 a 16384
± 20 mA	-20.0 mA a +20.0 mA	0 a 16383	-32768 a 32767	-16384 a 16384
0 a 1 mA	0.0 mA a +1.00 mA	0 a 16383	-32768 a 32767	0 a 1000

Fuente: <http://support.elmark.com.pl/rockwell/Literatura/1746-UM001A-EN-P.PDF>

La siguiente tabla identifica los rangos de corriente y de tensión de entrada para los canales de entrada, el número de bits significativos y la resolución.

Tabla 5. Rango de corriente y tensión en las entradas módulo 1746-NI16I

Voltaje/ rango de corriente	Representación decimal	Numero significado de bits	Resolución por LSB
-10V dc a +10V dc -1LSB	-32768 a 32,767	16 bits	305.176 $\mu$ A
0 A 5V dc	0 a 16,384	14 bits	
1 a 5V dc	3,277 a 16,383	13,67 bits	
0 a 10V dc -1LSB	0 a 32,767	15 bits	
0 a 20 mA	0 a 16,384	14 bits	1.22070 $\mu$ A
4 a 20 mA	3,277 a 16,384	13,67 bits	
-20 mA a 20 mA	-16,384 a 16,384	15 bits	
0 a 1 mA	0 a 1000	10 bits	1 $\mu$ A

Fuente:

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in001_-en-p.pdf)

La palabra de estado del canal se puede analizar poco a poco. Además de proporcionar información acerca de un canal habilitado o inhabilitado, el estado de cada bit (0 o 1) se explica cómo los datos de entrada del voltaje o sensor analógico de corriente conectado a un canal específico se traducen para su aplicación. El estado de bit también le informa cualquier condición de error y puede decirle qué tipo de error se produjo.

**4.3.1.3.1 Condiciones de error de canal (bits 13 a 15).** Hay ocho posibles códigos de error para describir cualquier estado del módulo 1746-NI16. La siguiente tabla muestra los diferentes códigos de error y sus selecciones de bits asociados:

Tabla 6. Códigos de error y bits asociados

Condición de error	Bit 15	Bit 14	Bit 13
Canal deshabilitado	0	0	0
Falla de calibración	0	0	1
Referencia de calibración inválida	0	1	0
Error de configuración	0	1	1
Circuito abierto detectado	1	0	0
Sub-rango detectado	1	0	1
Sobre-Rango Detectado	1	1	0
No error	1	1	1

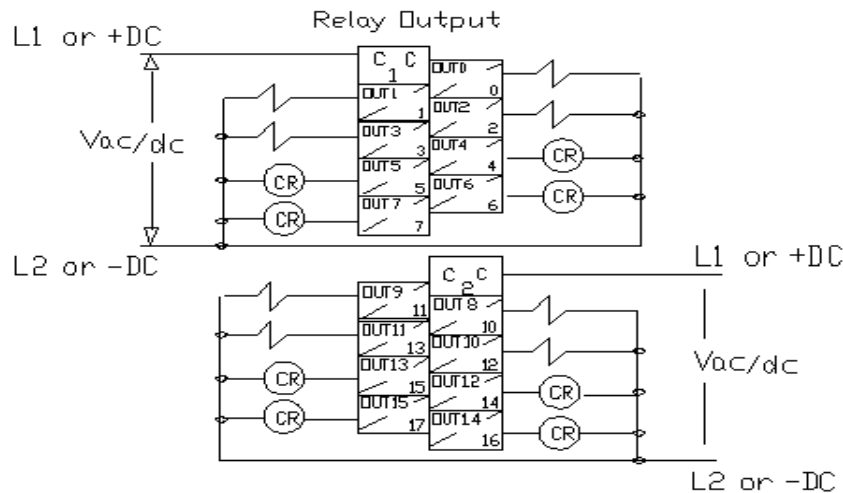
Fuente:

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in001_-en-p.pdf)

**4.3.1.4 Módulo de salidas digitales tipo contacto relé 1746-OW16.** “Son módulos de tipo de contacto Relé, configurados eléctricamente para operar con

corriente directa (por ejemplo 24 Vol. dc), y con corriente alterna (por ejemplo; 120 V ac, 220V ac). La siguiente figura nos muestra el diagrama de conexión del módulo 1746-OW16” (ROCKWELL AUTOMATION, 2004):

Figura 7. Conexiones del módulo 1746-OW16



Fuente:

<http://raise.rockwellautomation.com/RACconfig/resultsComponents.asp?CID=CB7330C305984AFE843C71609A2D2E7C>

Las demás características del módulo de salida 1746-OW16 las podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 7. Características del módulo 1746-OW16

ESPECIFICACIONES		1746-OW16 (RTB)
Voltaje de categoría		Ac/dc relé
Voltaje operación		5 a 265V ac en 47 a 63 Hz/ 5 a 125V dc
Número de salidas		16
Puntos por común		8
Consumo de corriente	5V dc	0.170 <sup>a</sup>
	24V dc	0.180 <sup>a</sup>
Señal de retraso (máx.)(carga resistiva)		On = 10ms / off= 10ms
Off fuga de estado (máx.)		0mA
Corriente de carga (min.)		10 mA a 5V dc
Corriente continua por punto (máx.)		Ver las tablas de contacto de relé
Corriente continua por modulo (máx.)		16.0A ac
Corriente por común (máx.)		8.0A

Fuente:

<http://raise.rockwellautomation.com/RACconfig/resultsComponents.asp?CID=CB7330C305984AFE843C71609A2D2E7C>

**4.3.1.5 Módulo de salidas análogas 1746-NO4I.** Los módulos de salida NO4I analógicos proporcionan 4 canales de salida analógica. El módulo NO4I contiene cuatro salidas de corriente. Estos módulos soportan una variedad de seguimiento y control de aplicaciones. En la siguiente tabla podemos ver las características que presentan los módulos de salidas análogos:

Tabla 8. Especificaciones módulo de salidas análogas 1746-NO4I

Catalogo 1746	Canales de salida por Modulo	Consumo de corriente		Fuente de alimentación externa de 24V dc
		5V (máx.)	24V (máx.)	
NO4I	4 salidas de corriente, no de manera individual y aislada	55 mA	195 mA	24 ± 10% a 195 mA máx. (21.6 a 26.4V dc)

Fuente:

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1746-um005\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1746-um005_-en-p.pdf)

**4.3.1.6 Módulo Basic 1746-BAS.** Los módulos 1746-BAS, se programan con el lenguaje BASIC, añaden funciones a cualquier aplicación de SLC 500. Los módulos BASIC se pueden programar con el software PBASE de desarrollo BASIC. Este software, que se ejecuta en equipos con MS-DOS, facilita la creación de programas, edición, traducción, depuración, carga y descarga de programas BASIC en los módulos BASIC. Si se usan a la vez, los módulos BASIC y el software de desarrollo BASIC ofrecen una eficaz solución para las aplicaciones de recogida de datos y de interface con dispositivos ajenos. A continuación se presentan las características más sobresalientes de este módulo:

- Conocido lenguaje de programación, que programa en un subconjunto del lenguaje BASIC de Intel 52.
- Comunicación con diversas interfaces de operador mediante dos puertos en serie que se pueden configurar para aceptar RS-232/423, RS-422 y RS-485.
- Para la recolección de datos, se proporcionan 24 Kbytes de RAM con batería de respaldo y módulos opcionales de memoria no volátil de 8 o 32 K.
- Se puede implementar el protocolo DF1 en los modos esclavos full-dúplex y half-duplex para establecer conexión con módems.
- Módulo BAS-T de alto rendimiento (más de 4x) disponible para aplicaciones que requieren una rápida ejecución de programas.

- La comunicación con un procesador SLC 500 puede realizarse por el backplane de E/S 1746 o por la red DH-485 a través del puerto DH-485 del módulo.

En la siguiente tabla podemos encontrar la función de los ocho LED indicadores, ubicados en la parte frontal del módulo. Estos LED indicadores se utilizan para el diagnóstico de módulos y la interfaz de operador

Tabla 9. Diagnóstico de módulo e interfaz de operador

LED	Color	Estado	Indicación
ACT	Verde	encendido	El modulo está recibiendo energía desde el Blackplane y está ejecutando código BASIC.
		parpadeo	El modulo está en modo comando.
		apagado	El modulo no está recibiendo energía del Blackplane. Una condición de falla existe.
485	Verde	Encendido	El puerto DH485 en el módulo está activo para la comunicación.
		apagado	El puerto DH485 en el módulo no está activo para la comunicación.
PRT1	Verde	parpadeo	El puerto PRT1 en el módulo está transmitiendo o recibiendo señales.
		apagado	El puerto PRT1 en el módulo no está transmitiendo o recibiendo señales.
PRT2	Verde	parpadeo	El puerto PRT1 en el módulo está transmitiendo o recibiendo señales.
		apagado	El puerto PRT1 en el módulo no está transmitiendo o recibiendo señales.
FAULT	Rojo	encendido	Un problema del sistema se detectó durante el diagnostico. Contacte a su representante local de Allen Bradley.
		apagado	No se detectaron problemas durante el diagnostico.
BA LOW	Rojo	encendido	El voltaje de la batería que respalda a la RAM es bajo. Una nueva batería es necesaria.
		apagado	El voltaje de la batería que respalda a la RAM está en un nivel aceptable.
LED 1	Ambar	encendido	Definibles por el usuario. Led activado a través del programa de usuario.
		apagado	Definibles por el usuario. Led desactivado a través del programa de usuario.
LED 2	Ambar	encendido	Definibles por el usuario. Led activado a través del programa de usuario.
		apagado	Definibles por el usuario. Led desactivado a través del programa de usuario.

Fuente:

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1746-um004\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1746-um004_-en-p.pdf).

## 5. INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

Para la realización de este proyecto se usó software de la empresa Rockwell Automation para PLC Allen Bradley, tales como: RSLinx Classic, RSLogix 500 y FactoryTalk View Studio.

### 5.1 RSLINX CLASSIC

Este programa se encarga de la comunicación de cualquier familia o clase de PLC con la computadora. RSLinx Classic es un software de comunicación que cuenta con los drivers y protocolos de comunicaciones (entre dispositivos de control y computadora) tales como; Ethernet IP, DH+, RS-485, RS232-DF1, etc. Todo depende del puerto con el cual cuente el computador para conectarse a la red de un PLC, según el medio físico y el protocolo sobre el cual se diseñó la red (ROCKWELL AUTOMATION, 2008).

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó el puerto RS232, para el cual fue necesario contar con 2 cables, un cable convertidor de USB a Serial y un cable cruzado hembra-hembra, en el caso del cable convertidor se obtuvo uno de marca, TRENDnet del cual se hablará a continuación, y el cable cruzado fue construido por quienes desarrollaron este proyecto.

**5.1.1 Cable de convertidor serial a USB.** Este cable se conecta a un dispositivo serie RS-232 (PLC), como un modem al puerto USB del computador. Es de fácil instalación y compatible con múltiples sistemas operativos.

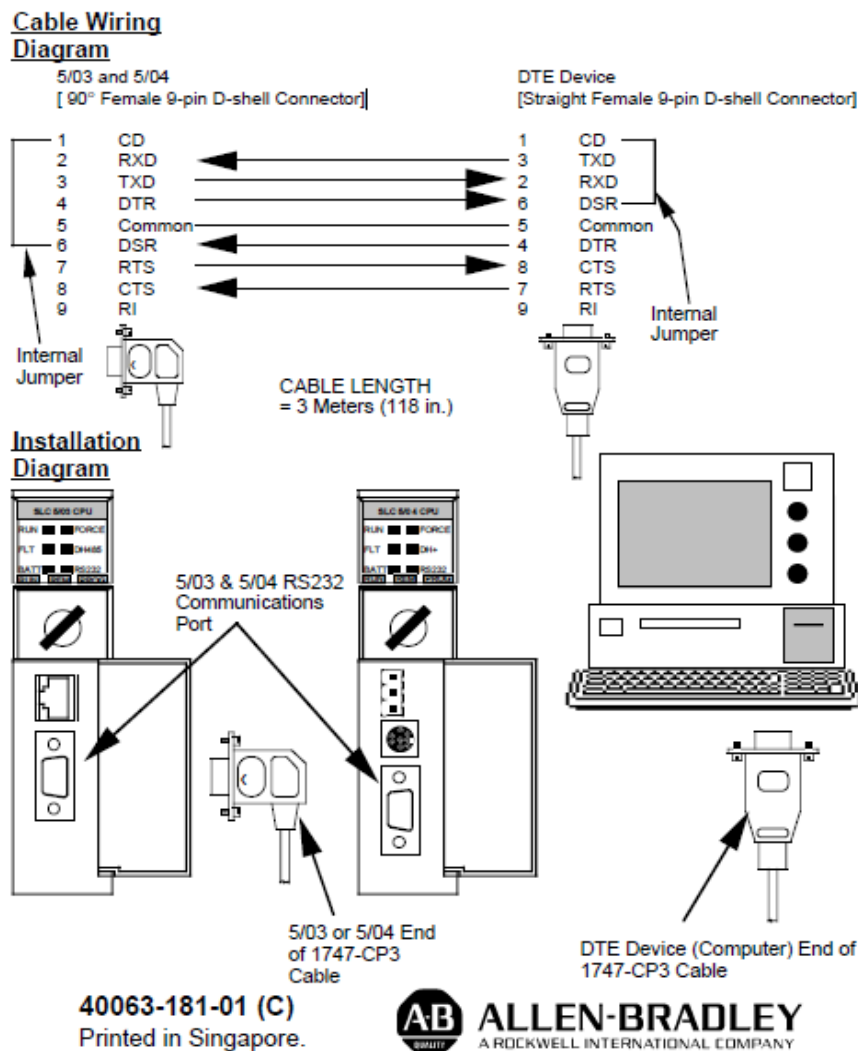
Figura 8. Cable convertidor serial a USB



Fuente: [http://trendnet.com/langen/products/proddetail.asp?prod=265\\_TU-S9](http://trendnet.com/langen/products/proddetail.asp?prod=265_TU-S9)

**5.1.2 Cable null modem RS-232 hembra-hembra.** Este cable es usado para la interconexión del procesador PLC hacia el pc, es el puente entre el convertidor seria-USB y el PLC. Para la construcción de este cable se tuvo en cuenta el manual de instalación para el cable programador del SLC 3.5 Y 3.4, suministrado por Allen Bradley.

Figura 9. Esquema de fabricación cable null modem



Fuente:

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1747-in518\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1747-in518_-en-p.pdf)

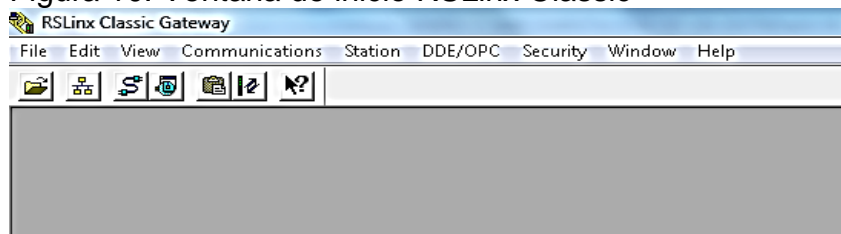
**5.1.3 interfaz del RSLinx Classic.** Para hacer la comunicación del PLC con la computadora, se utilizan los cables anteriormente mencionados (cable convertidor

serial a USB y el cable cruzado hembra-hembra), se abre el software RSLinx Classic y se siguen las siguientes instrucciones:


- Para abrir el software se debe seguir la siguiente ruta: inicio->todos los programas->Rockwell software->RSLinx

Al abrir el software la ventana que muestra es la siguiente:

Figura 10. Ventana de inicio RSLinx Classic

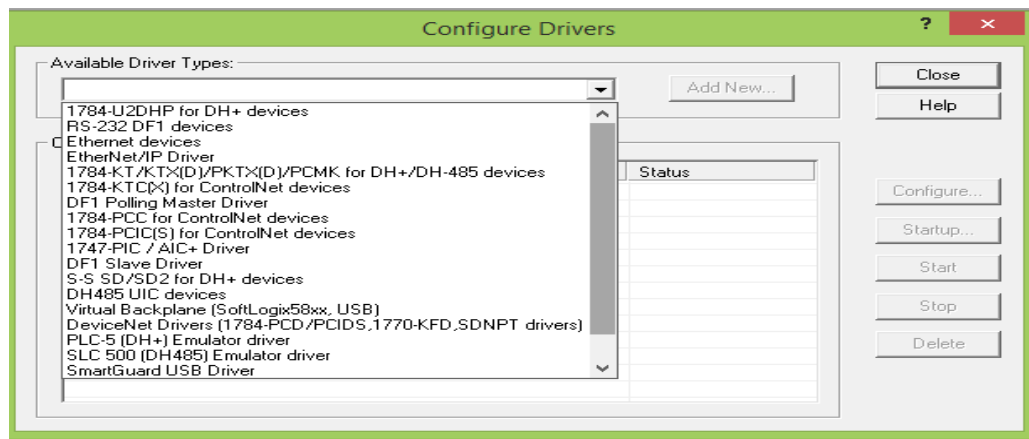


Fuente: Autores

- Para agregar un nuevo drivers de conexión se debe dar clic en el icono configure drivers , y se despliega la siguiente ventana:

En la pestaña Available Driver Types es Donde se puede encontrar los tipos de drivers disponibles para la comunicación, como se muestra a continuación.

Figura 11. Tipos de drivers de comunicación

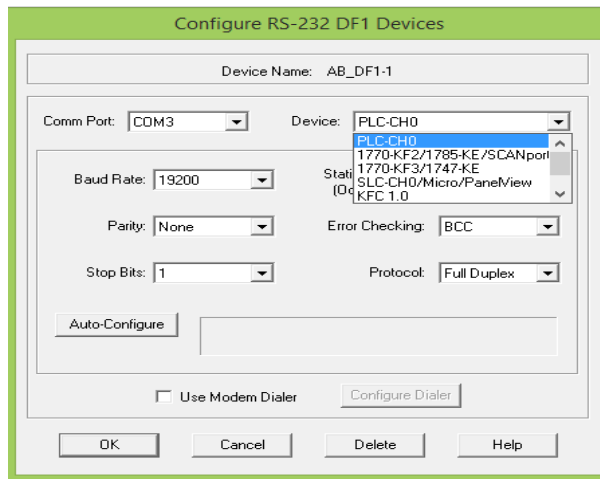


Fuente: Autores



Si se desea se puede dar un nuevo nombre o se usa el que por defecto da el programa, para este caso se deja el que da el programa, se da clic en OK, y aparece la siguiente ventana, en la cual se debe seleccionar el puerto COM, por el cual se va a hacer la comunicación y el tipo de dispositivo a comunicar (SLC 500):

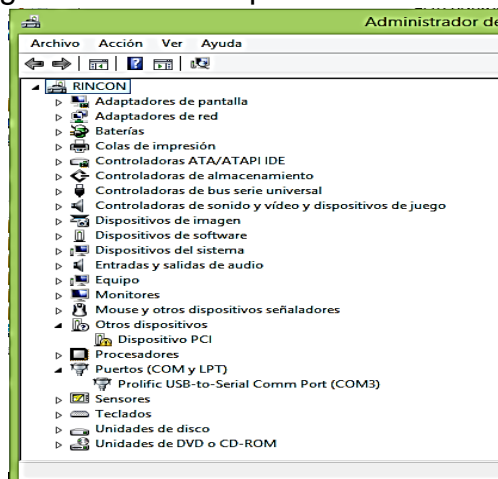
Figura 12. Configuración de nuevo drivers de comunicación



Fuente: autores

Para conocer exactamente por el cual puerto COM con el cual se va a hacer la comunicación, se deben de dirigir a panel de control->administración de dispositivos->puertos COM, y observar cuál de estos fue asignado por el PC, para esta prueba el que está activo es el COM 3:

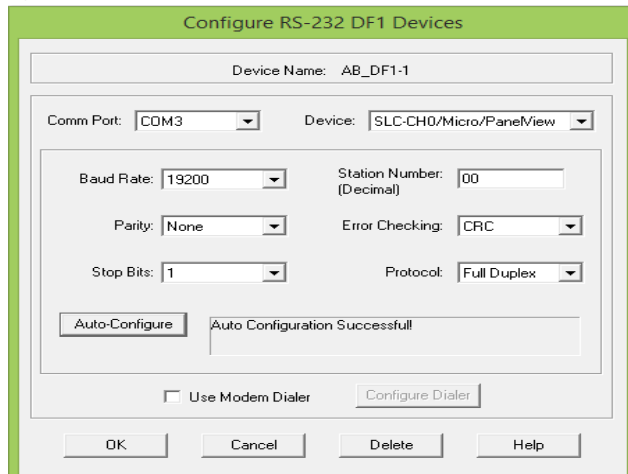
Figura 13. Vista de puerto COM a Utilizar en la comunicación




Fuente: Autores

Teniendo claro el puerto COM y el tipo de dispositivo que se desea comunicar, se da clic en el botón auto-configure, para comprobar que existe la comunicación previamente establecida

Figura 14. Comunicación establecida RSLinx Classic- PLC



Fuente: Autores

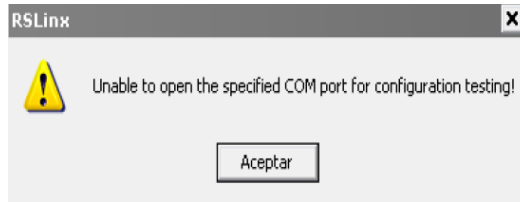
Se puede observar que la configuración se dio exitosamente, se da clic en ok, y para comprobar que la comunicación existe vamos al icono  RSWho.

Nota: Si la configuración no es exitosa podrían aparecer los siguientes mensajes:

- **Failed to find baud and parity! Check all cables and switch's settings!** Indica que el puerto serial para el computador no está habilitado, el cable está dañado o no está conectado correctamente, o el protocolo para el canal del procesador no está configurado para la comunicación RS-232 full dúplex.
- **Unable to verify settings due to packet time-out! (Or unable to verify settings due to A NAK!) Check all cables and configuration and try again.** Estos dos mensajes usualmente indican que el canal en el procesador no está configurado para la comunicación RS-232 full dúplex.
- **Unable top open specified port for configuration testing!** SI Hay conflicto en el puerto serial. Está siendo usado por otro driver en RSLinx o por un dispositivo diferente tal como un modem, nos aparecerá el siguiente mensaje, el cual se puede corregir cerrando todos los programas a los

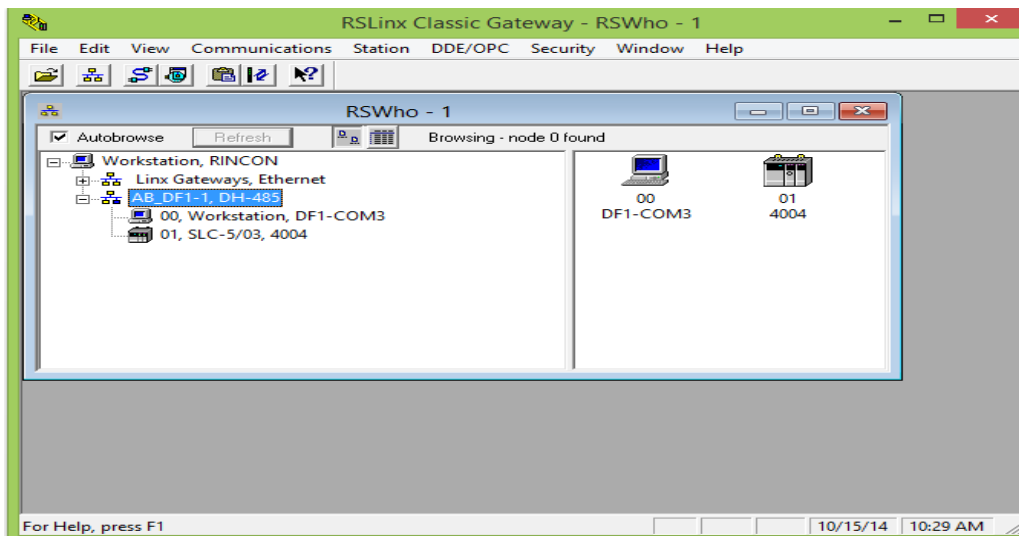
cuales se puede asociar el puerto (RSLogix.500, FactoryTalk View Studio, etc)

Figura 15. Error Puerto COM no valido



Fuente: Autores

Figura 16. Árbol de conexión



Fuente: Autores

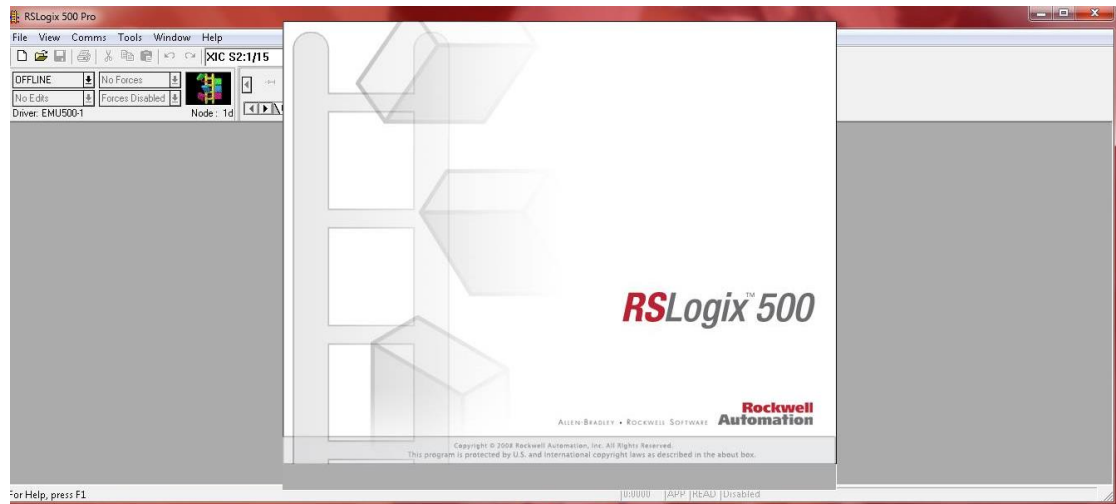
En la figura anterior se puede observar que la comunicación se está dando de forma exitosa, como también el nombre asignado anteriormente, el puerto por el cual se está comunicando (COM 3) y el procesador SLC-5/03.

## 5.2 RSLOGIX 500

El RSLogix 500 es el software que permite configurar, programar y supervisar el funcionamiento de la familia de PLC's SLC 500, para iniciar a trabajar. Para trabajar con este software se debe crear un nuevo proyecto, lo cual se hace desplegando el menú principal, y se elige el tipo de procesador.

**5.2.1 Configuración de un nuevo proyecto.** Para la creación de un nuevo proyecto se debe dirigir a la siguiente ruta: inicio->todos los programas->Rockwell Software->RSLogix 500 english, y se abre el programa RSLogix 500 english.

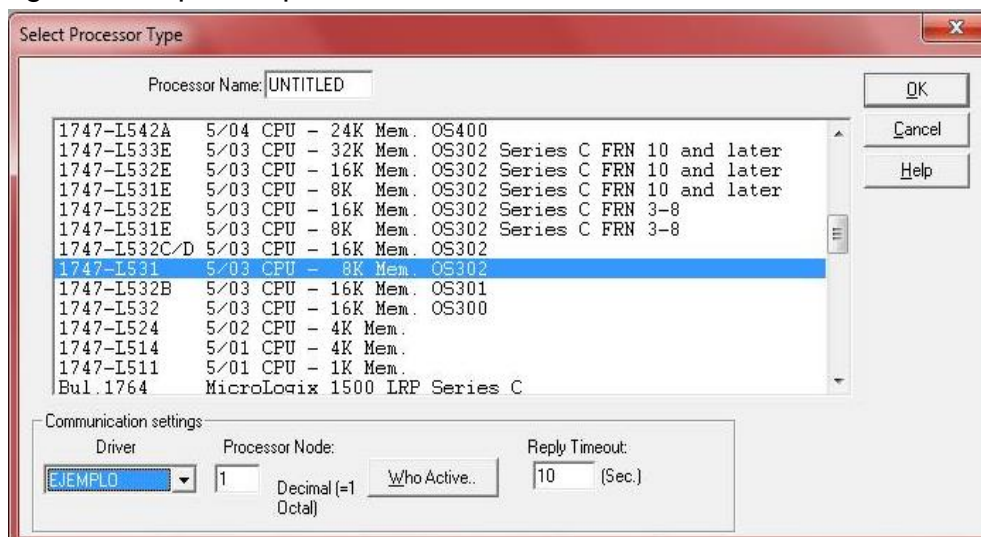
Figura 17. Apertura inicial del programa RSLogix 500



Fuente: Autores

Luego de abrir el programa se debe dar clic en el icono nuevo, esto abre una nueva ventana donde se puede seleccionar el tipo de procesador como se muestra a continuación:

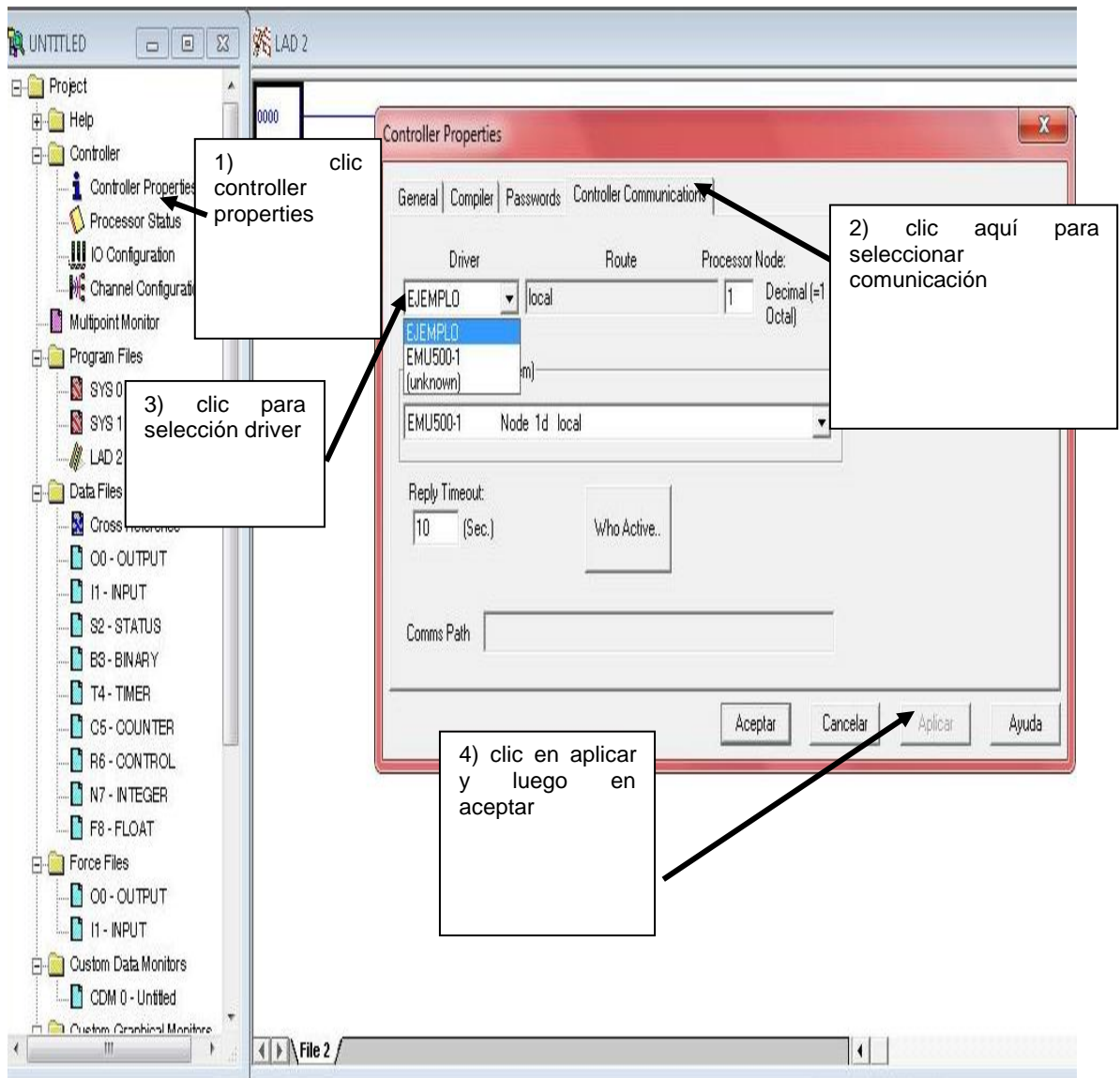
Figura 18. Tipos de procesadores



Fuente: Autores

Luego de haber seleccionado el tipo de procesador, se procede a configurar el driver de comunicación como se muestra en la siguiente imagen

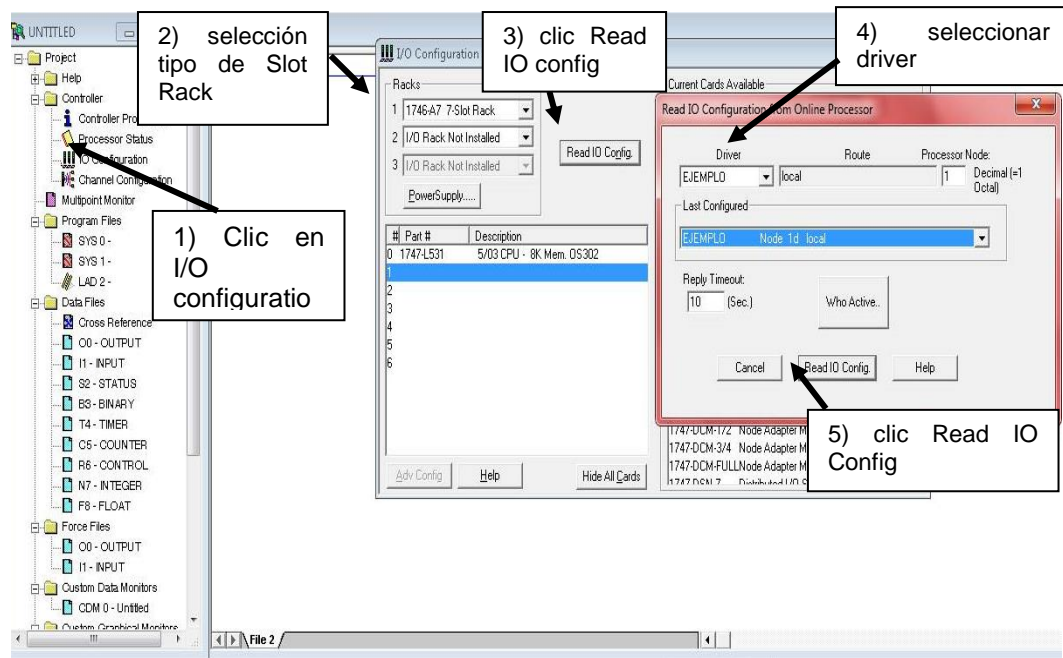
Figura 19. Configuración de driver de comunicación a usar



Fuente: Autores

Al hacer los pasos anteriores se establece la comunicación entre el PLC y el programa, a través del driver de comunicación del RSLinx Classic. Luego de esto; se procede a agregar los módulos I/O del PLC para poder hacer la programación del mismo, lo cual se hace dando clic en la opción de I/O configuration, y despliega la siguiente ventana

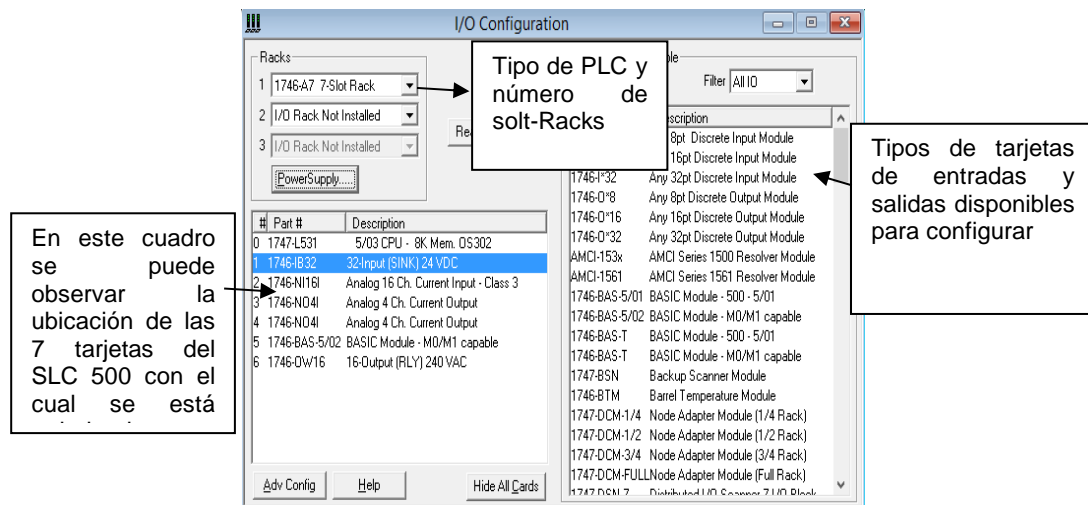
Figura 20. Configuración de I/O automática



Fuente: Autores

Al ingresar a la configuración de I/O, se agregan todos los módulos físicos con los que cuenta el PLC, y así poder acceder a las entradas y salidas para empezar a programar el equipo. En la siguiente grafica se puede observar las distintas configuraciones que se le pueden hacer a las I/O.

Figura 21. Configuración de I/O manual



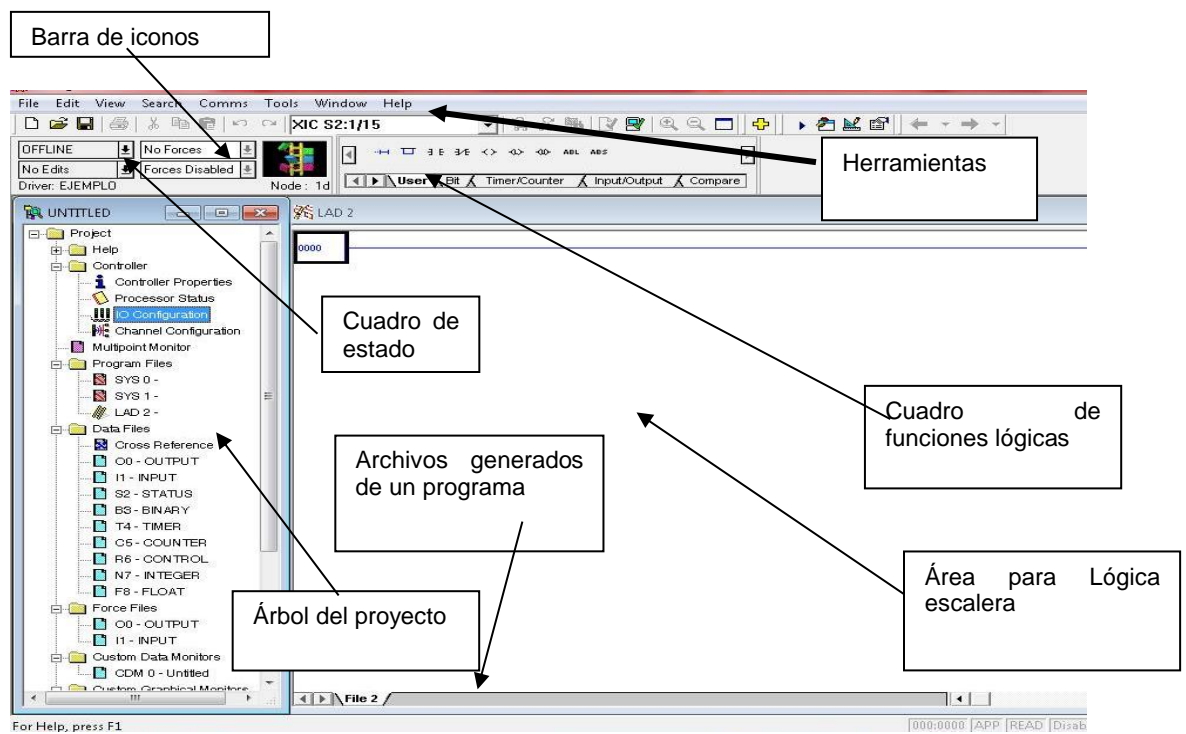
Fuente: Autores

Esta ventana muestra la configuración de entradas/salidas especialmente por cada programa, también se puede obtener una nueva configuración de I/O's en caso de requerirse alguna modificación adicional o para agregar una nueva tarjeta de I/O, en el caso de la imagen anterior se tiene la ubicación de las tarjetas así: en el slot 0 se encuentra el procesador o CPU 5/03, en el slot 1 las entradas análogas 1746-IB32 etc., esta ubicación puede variar de acuerdo a como se ubiquen las tarjetas, teniendo en cuenta que el procesador siempre debe ir en el slot 0.

Ya teniendo establecida la comunicación y la configuración de los módulos de I/O del PLC, podemos ver la siguiente ventana donde se puede distinguir las distintas herramientas que brinda el programa para iniciar un nuevo proyecto.

**5.2.2 Área de trabajo RSLogix 500.** En la figura 25 se pueden ver las distintas posibilidades de trabajo que brinda el software RSLogix 500 dentro de la pantalla principal se encuentra una ventana Standard del programa, la cual contiene toda la información necesaria para ejecutar un proyecto y ser descargado al PLC, como por ejemplo: Propiedades del controlador, status del procesador válidos, configuración de E/S, de canales, etc.

Figura 22. Área de trabajo RSLogix 500



Fuente: Autores

**5.2.2.1 Funciones básicas.** En el RSLogix 500 es donde se crean los programas que posteriormente son cargados al PLC. Dichos programas se crean con el lenguaje de esquema de contacto o también conocido como lógica de escalera (Ladder).

Otra de las funciones de este software tiene que ver con la verificación de proyectos, para ello crea una lista de errores. Este software cuenta con diferentes menús, a continuación se dará una breve explicación de algunos de ellos:

**5.2.2.1.1 Barra de menú.** En esta barra podemos encontrar funciones como guardar, ver, comunicaciones, herramientas, ventanas etc. Este programa cuenta con todas las funciones que se encuentran en cualquier software actual.

**5.2.2.1.2 Barra de iconos.** Engloba las funciones de uso más frecuente en el desarrollo de los programas.

**5.2.2.1.3 Barra de estados del procesador.** En esta barra se puede visualizar y modificar los distintos modos de trabajo del procesador (OFFLINE, GO ONLINE, UPLOAD, etc.), se puede cargar y descargar los programas al procesador, así como su visualización, el modo de trabajo en el que este se encuentra. A continuación se hablará de los modos de trabajo:

- **Offline:** este modo de trabajo consiste en realizar el programa en un computador, sin tener la necesidad de estar conectado a un PLC, de esta manera se crea el proyecto y después de haberse terminado y verificado el programa, puede ser descargado al procesador.
- **Online:** este modo a diferencia del anterior indica que se está haciendo la programación directamente en la memoria del PLC, de esta manera cualquier cambio en el programa afectará directamente al procesador y por ende a la planta o proceso que se esté controlando.

**5.2.2.1.4 Árbol del proyecto.** En el árbol del proyecto se encuentran todas las carpetas y archivos que se generan al momento de crear uno, a continuación se describirán las más importantes:



- **Controller properties:** Acá se pueden encontrar las funciones del procesador que se está utilizando, del mismo modo la seguridad que se le quiere dar al proyecto y las comunicaciones.
- **Processor:** Status: por medio de este se puede acceder a los estados del procesador.
- **I/O Configuration:** Desde este icono se puede acceder a todas las tarjetas con las que cuenta el PLC, se pueden configurar de acuerdo a los requerimientos de los sistemas a controlar.
- **Chanel Configuration:** Por medio de este icono se puede acceder a la configuración de los canales de comunicación hacia el procesador.
- **Panel de resultados:** Está ubicado en la parte inferior del programa, muestra los errores de programación del programa realizado. Gracias a este se puede corregir un error fácilmente, ya que al colocar el cursor sobre este, automáticamente el cursor se ubica en la ventana del programa Ladder e indica la línea donde se encuentra este.

**5.2.2.1.5 Barra de instrucciones.** En esta barra se puede acceder de forma rápida a las instrucciones más habituales del lenguaje Ladder. Las siguientes tablas muestran las instrucciones básicas en uso:

Tabla 10. Instrucciones básicas

Instrucción		Propósito
Mnemónico	Nombre	
XIC	Examine si cerrado	Examina un bit para una condición activada.
XIO	Examine si abierto	Examina un bit para una condición desactivada.
OTE	Conecte la salida	Activa o desactiva un bit.
OTL Y OTU	Enclavamiento de salida y des enclavamiento de salida	OTL activa un bit cuando el renglón esta ejecutado y este bit retiene su estado cuando el renglón no está ejecutado u ocurre un ciclo de potencia. OTU desactiva un bit cuando el renglón está ejecutado y este bit retiene su estado cuando el renglón no está ejecutado o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica.
OSR	Un frente ascendente	Ocasiona un evento de una sola vez.
TON	Temporizador a la conexión	Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es verdadera.
TOF	Temporizador de la desconexión	Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es falsa.

Tabla 10. Instrucciones básicas (continuación)

<b>RTO</b>	Temporizador retentivo	Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es verdadera y retiene el valor acumulador cuando la instrucción se hace falsa o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica.
<b>CTU</b>	Conteo progresivo	Incrementa el valor acumulador a cada transición de falso a verdadero y retiene el valor acumulador cuando la instrucción se hace falsa o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica.
<b>CTD</b>	Conteo regresivo	Disminuye el valor acumulador a cada transición de falso a verdadero y retiene el valor acumulador cuando la instrucción se hace falsa o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica.
<b>HSC</b>	Contador de alta velocidad	Cuenta los impulsos de alta velocidad de una entrada de controlador fijo.
<b>RES</b>	Restablecimiento	Pone a cero el valor acumulado y los bits de estado de un temporizador o contador. no use con temporizadores TOF.

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/50770675/Manual-de-PLC-RSLogix-500>

Para el uso de las instrucciones anteriormente mencionadas se deben tener ciertas reglas para etiquetado (direccionamiento), las cuales se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 11. Direccionamiento de entradas y salidas

Formato	Explicación		
		O	Salida
	I	Entrada	
	:	Delimitador del elemento	
O:e.s/b	e	Número de la ranura(decimal)	Ranura 0, adyacente a la fuente de alimentación eléctrica en el primer chasis, se aplica al módulo del procesador. Las ranuras posteriores son de E/S, numeradas desde 1 hasta un máximo de 30.
I:e.s/b	.	Delimitador de palabra. Requerido solo si es necesario un numero de palabra según lo indicado a continuación.	
	s	Numero de palabra	Requerido si el número de E/S exceden 16 para la ranura. Rango : 0-225 (el rango acepta" tarjetas especiales" de palabras múltiples)
	/	Delimitador de bit	
	b	Numero de terminal	Entradas: 0 -15 Salidas: 0-15

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/50770675/Manual-de-PLC-RSLogix-500>

### 5.3 FACTORYTALK VIEW STUDIO

FactoryTalk View Studio es el entorno de desarrollo, para la creación de todos los aspectos de una interfaz hombre-máquina (HMI). Contiene todas las herramientas necesarias para dicho fin; incluyendo pantallas gráficas, tendencias, notificaciones, alarmas y animaciones en tiempo real.

Figura 23. Pantalla inicial FactoryTalk View Studio

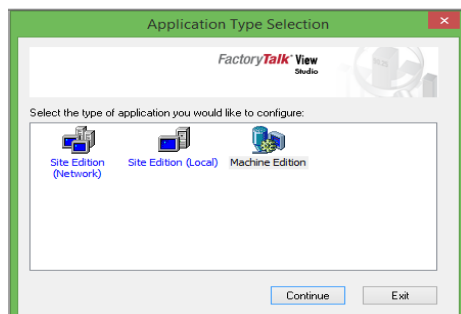


Fuente: Autores

FactoryTalk permite obtener los datos de producción directamente de los sistemas que se estén controlando, además cuenta con un paquete de aplicaciones de software para producción de alto rendimiento, escalable, modular y basado en estándares internacionales. (AUTOMATION, Factory Talk View Site Edition, 2014)

Este software ofrece la integración con la plataforma del Control Logix, así como también una amplia conectividad con sistemas de tecnologías anteriores y de otros fabricantes. Este software integra tres modos de trabajo; Site Edition (local), Site Edition (Network) y el Machine Edition.

Figura 24. Selección de tipo de aplicación



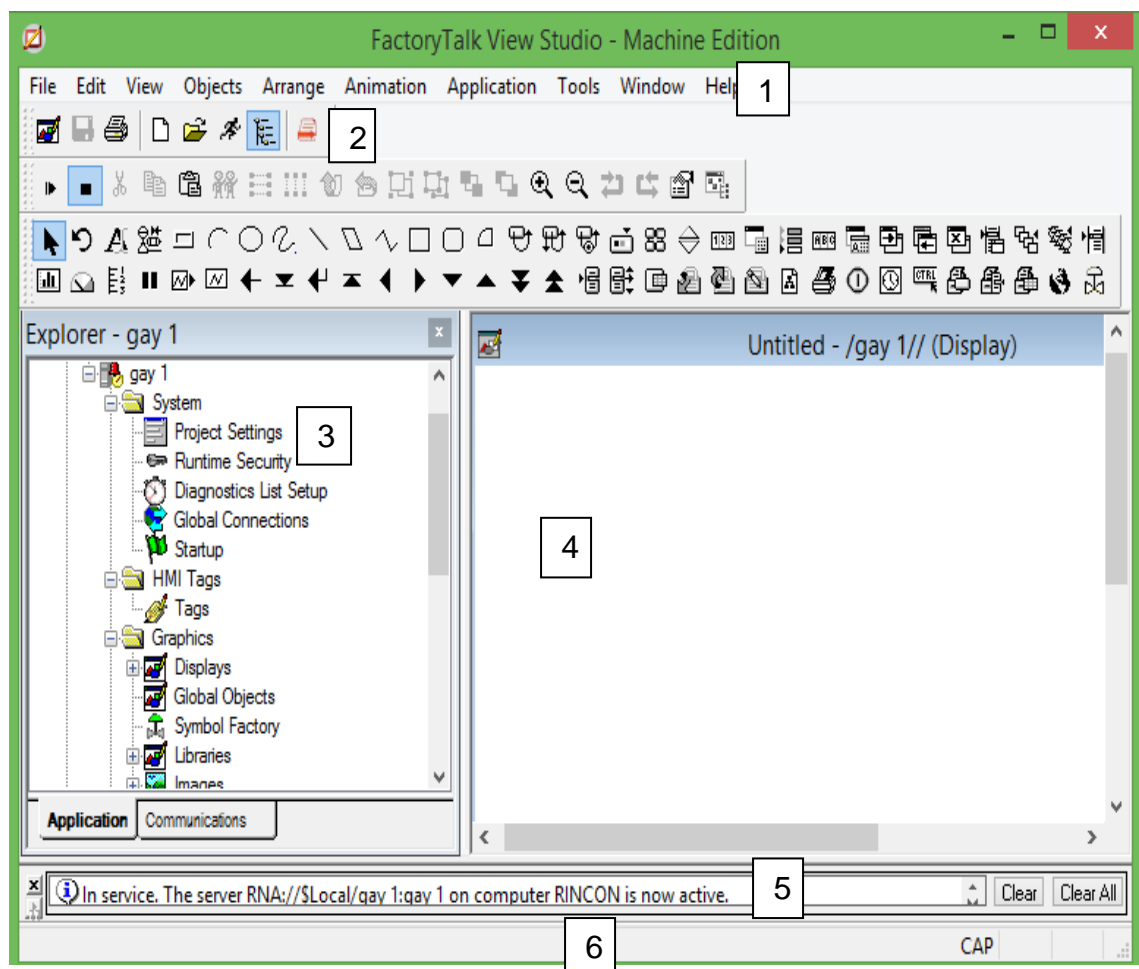
Fuente: Autores

**Site Edition (local):** es un sistema autónomo que se usa para el monitoreo y control de procesos o líneas individuales, es decir que todo está enlazado a un solo computador.

**Site Edition (Network):** A diferencia de la versión anterior este si permite que se trabaje en una red distribuida, es decir que los servidores de operador, de datos, de clientes pueden distribuirse en computadores diferentes.

**Machine Edition:** este sistema permite la creación de las aplicaciones para realizar el proceso de monitoreo y control, ya sea desde un computador o una panel View.

Figura 25. Pantalla del área de trabajo FactoryTalk View Studio



Fuente: Autores

**1. Barra de menús:** Esta barra de menú contiene los elementos del menú de la ventana activa, cada editor tiene su propio conjunto de menús

**2. Barra de Herramientas:** Contiene botones para los elementos de menú de uso común para que pueda tener acceso rápido a los elementos sin abrir el menú. Cuando se señala a un botón en la barra de herramientas el nombre del botón aparece en una sugerencia y en la barra de estados.

**3. Exploradores de carpetas:** Esta ventana tiene dos pestañas, la pestaña aplicación y la de comunicaciones. La de aplicaciones contiene los editores para la creación y edición de su aplicación. También contiene la carpeta del sistema para configurar FactoryTalk Security. La de comunicaciones contiene el árbol de comunicaciones para el equipo de desarrollo.

**4. Área de trabajo:** Es el área en blanco donde se crea y edita cualquier aplicación.

**5. Lista de diagnóstico:** Esta muestra los mensajes sobre las actividades del sistema, puede especificar los tipos del mensaje que aparecen en la dicha lista, moverla, cambiar su tamaño y borrar los mensajes que contiene.

**6. Barra de estados:** Muestra la información sobre la ventana activa, herramienta seleccionada o elemento de menú. La información que se muestra depende de la ubicación del puntero. Por ejemplo, al seleccionar un objeto gráfico en el editor de gráficos la barra de estado muestra información sobre el objeto seleccionado.

## 6. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO ENTRENADOR DE PLC Y SUS RESPECTIVAS PLANTAS

En este capítulo se muestra el proceso que se llevó a cabo para la elaboración del módulo entrenador de PLC, de los elementos que lo conforman, de su distribución espacial y de las plantas que hacen parte de todo el montaje.

### 6.1 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Para la elaboración de dicho entrenador se tuvo en cuenta tres aspectos principales.

**6.1.1 Facilidad en desplazamiento y ergonomía.** Como primer requisito se trató de que el diseño del módulo sea cómodo y maniobrable, además que fuese estable, dado su poco peso (aproximadamente 40 Kg.) lo hace perfecto para tales requerimientos, su diseño físico y estructura fija (para fijarlo en una pared) hacen que sea de fácil manejo y le da estabilidad a los elementos. El módulo presenta las siguientes dimensiones, altura 1.20 m, largo 0.90 m, y de profundidad 0.20 m.

**6.1.2 Estética.** Se deseó una buena presentación, que le diera un aspecto agradable, para lo cual la disposición de los elementos que componen la estructura física y el cableado realizado hacen que presente un buen nivel de estética.

**6.1.3 Robustez.** Son módulos diseñados para soportar el manejo normal de los estudiantes al realizar prácticas, todos sus materiales (soportes y estructura) son resistentes; fundamentalmente hierro inmunizado (a excepción de las canaletas porta cables), pintado en su totalidad.

### 6.2 TIPO Y CANTIDAD DE ELEMENTOS ELECTRICOS

Para realizar la selección de los elementos se partió de la base de tener como recurso principal el PLC 1746 de la Allen Bradley. A partir de este, se buscó configurar los elementos que potenciarán más su desempeño. Teniendo en cuenta estos parámetros se adicionaron varios elementos que serán especificados a continuación:

**6.2.1 Fusibles y borneras.** Las borneras utilizadas para el desarrollo de este proyecto son las PHCENIX-CONTACT UT4-HESI, de fácil conexión y desconexión del fusible, así como el cableado al módulo. Los fusibles son utilizados para la protección de la alimentación del PLC, sus especificaciones son 0.5Am a 250 vol.

**6.2.2 Breaker.** Se utiliza para brindar protección a los elementos del circuito de las líneas de alimentación, con el fin de permitir operaciones ordinarias de inspección, reparación y mantenimiento de forma segura.

**6.2.3 Pilotos luminosos y alarmas.** Indicadores luminosos que permite visualizar los estados y los diferentes procesos que realicen los módulos. Se utilizaron tres pilotos y una alarma en cada módulo planta (verde, naranja y rojo), con lo que se asegura al estudiante una buena visualización y la posibilidad de tener vigilado por medio de estos varios procesos simultáneamente.

**6.2.4 Pulsadores.** Elementos que permiten la interacción física del usuario con el proceso y el PLC. Se buscó ofrecer diversos elementos de estas características y así lograr una mejor maniobrabilidad de los procesos a controlar. Para tal fin cada módulo planta consta de dos pulsadores sencillos N.O (pulsadores de color Verde) y dos N.C (Pulsadores de color Rojo).

**6.2.5 Bananas y conectores.** Se utilizan bananas y conectores para hacer la conexión entre el módulo principal y cada una de los módulos plantas para así referenciar en cada una de ellas entradas y salidas al PLC.

**6.2.6 Relé.** Es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Los cuales se usaron para el control del giro de un motor.

**6.2.7 Cantidad de elementos usados.** En la siguiente tabla se referencia la cantidad de elementos usados, por cada tipo anteriormente mencionados y descritos.

Tabla 12 Cantidad de elementos usados

<b>Elementos</b>	<b>Total</b>
Pulsadores N.C (color Rojo)	7
Pulsadores N.O (color Verde)	7
Lámparas piloto color Verde	4
Lámparas piloto color Naranja	3
Lámparas piloto color Rojo	4
Alarmas	4
Breaker Xpole PLS4-C10-MW	2
Bornera porta fusible	54
Bornera de conexión	40
Relés	2
Bananas	48
Conectores	48

Fuente: Autores

### 6.3 MARCACION Y CABLEADO

Para hacer un cableado y marcación del mismo acorde a las normas internacionales, se basó en los estándares de calibres de AWG según la cual se especifica la capacidad que tienen los diferentes conductores de transferir la corriente, se llegó a la siguiente escogencia

Tabla 13. Estandarización de los valores de AWG

AWG	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2
Amp	3	6	15	20	25	35	50	70	80	90

Fuente:

<http://photos.state.gov/libraries/colombia/231771/PDFs/ESPECIFICACIONESGENERALESELECTRICASn016.pdf>

Para las conexiones del PLC se empleó cable de instrumentación calibre 18, puesto que se trata de conexiones de control y por tanto manejan cantidades pequeñas de corriente (siempre menores a 6 Amperios). Para las demás conexiones de Control se empleó cable calibre 18 por motivos similares a los anteriores.



Para las conexiones de Potencia se empleó cable calibre 12, con el cual se garantiza la conducción de hasta 20 amperios. Viéndose así satisfechos los requerimientos de corriente.

Para la marcación específica del Entrenador para PLC se utilizó la nomenclatura Americana NEMA (National Electrical Manufacturers Association) con el fin de garantizar la normalización del circuito.

Todo conductor fue marcado en un extremo con el mismo código del borne que conecta además de su número de identificación, mediante la utilización de papel adhesivo de color amarillo con los números y letras respectivas a cada cable.

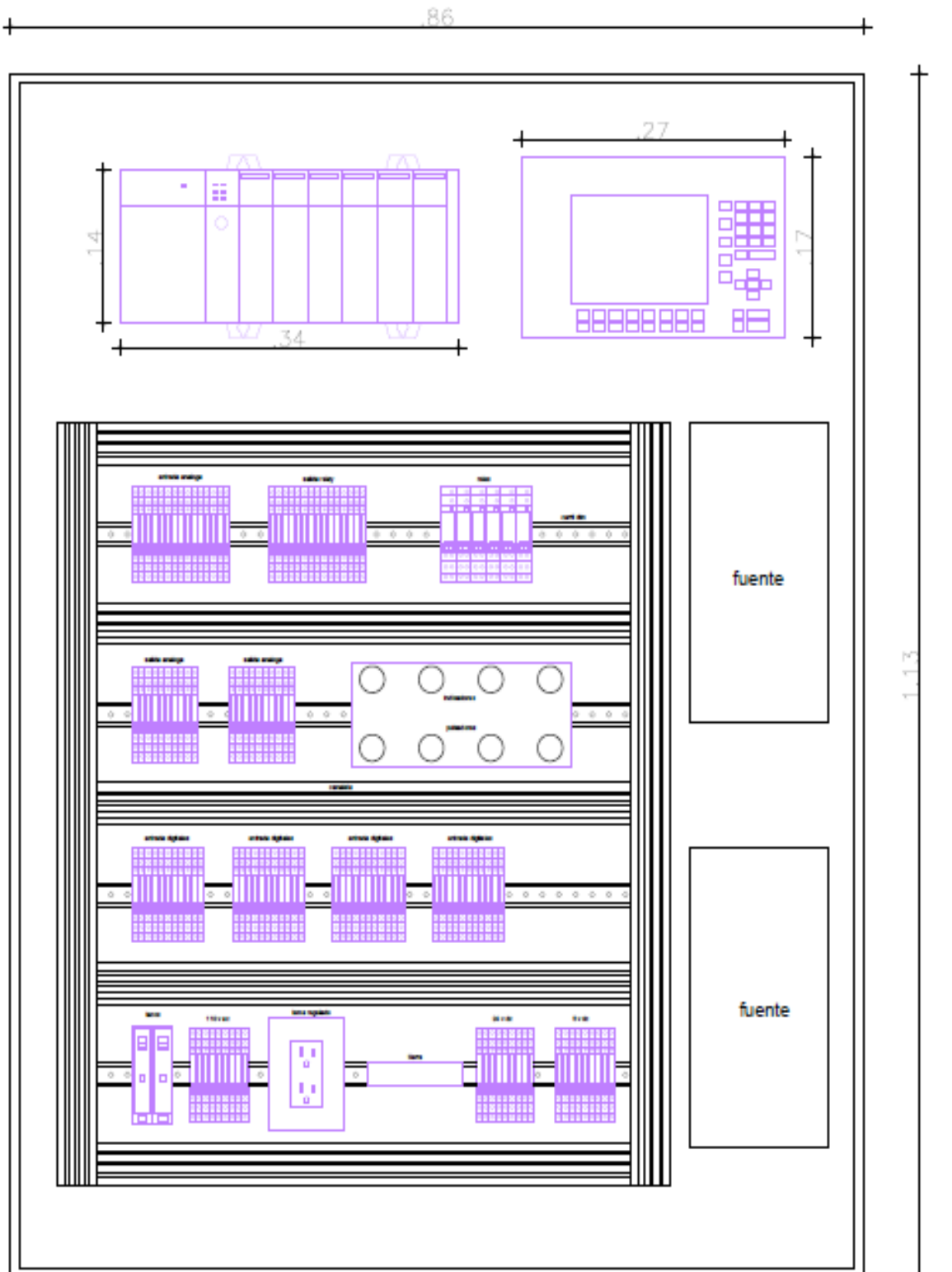
## **6.4 DIMENSIONES Y VISTAS DEL MÓDULO Y LAS PLANTAS**

**6.4.1 Módulo principal.** Para tener un acercamiento real a la dimensión física de los tableros es importante presentar una vista y las medidas a escala de los mismos.

Además de las vista del plano estructural se presenta una imagen de la distribución espacial real del módulo ya terminado. Las diferencias que se presentan en el módulo final con el diagrama de diseño, se dan por el uso de menor cantidad de elementos a los programados inicialmente.

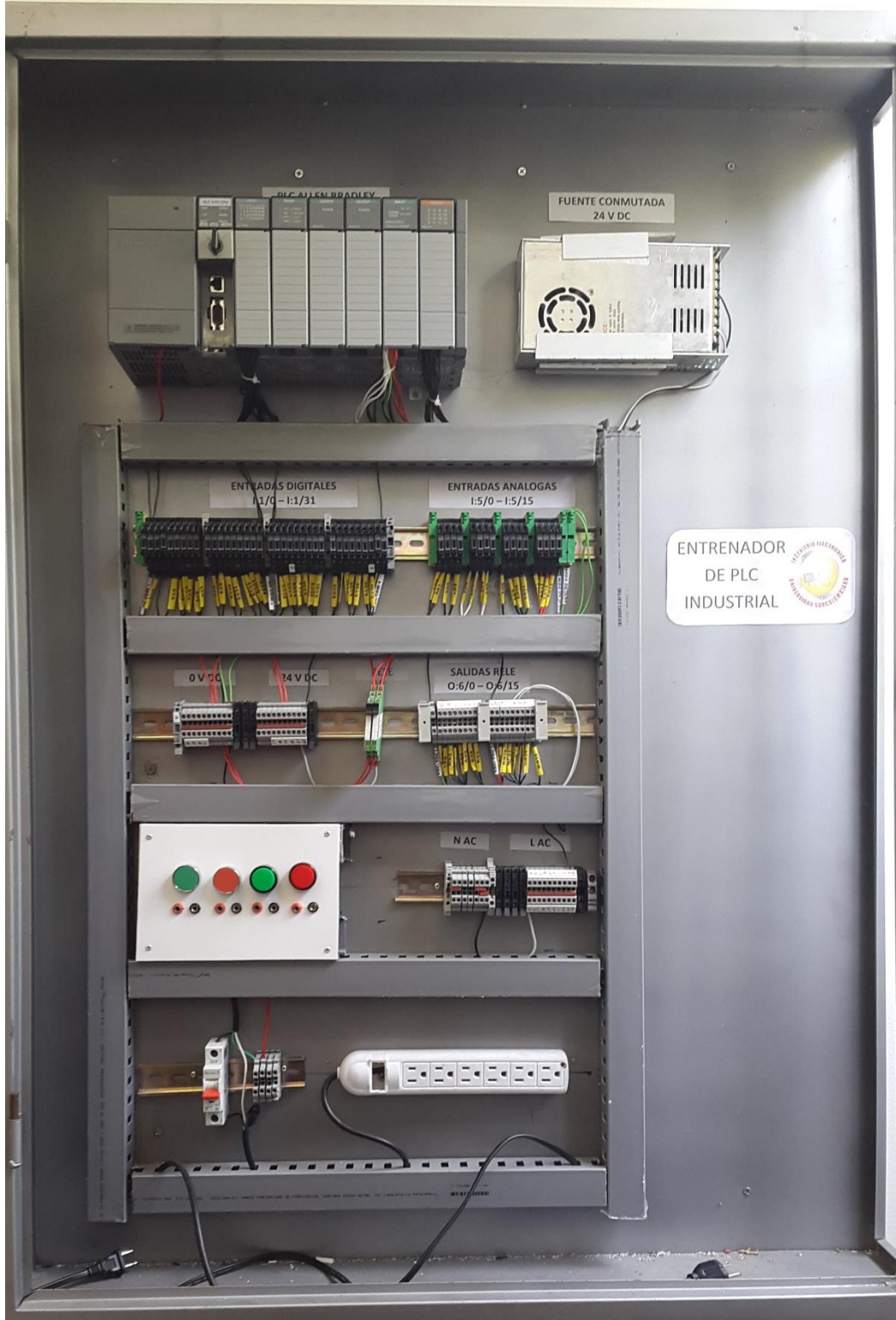
- En el módulo final solo se usa una fuente de alimentación ya que esta cumple con los requerimientos de corriente y voltaje necesarios para el buen funcionamiento de todos los equipos.
- El PLC mostrado en el diagrama de diseño, no es el PLC usado en el módulo final, ya que este inicialmente estaba programado para usarse el PLC 1756, pero este presentó problemas con las tarjetas de entradas analógicas las cuales son indispensables para el funcionamiento del módulo entrenador, y en su lugar se usó el PLC 1746. Ambos equipos son fabricados por la empresa Allen Bradley y distribuidos por Rockwell Automation.

Figura 26. Diagrama de diseño módulo entrenador



Fuente Autores

Figura 27. Vista real del módulo principal



Fuente: Autores

**6.4.2 Diseño de planta de posición angular.** Para el diseño de esta planta se tuvieron en cuenta las características en los módulos de entrada/salida análogas y digitales del PLC 1746 de la Allen Bradley. Se partió de la idea de controlar el giro y ángulo de rotación de un motor, para que dicho ángulo se viera reflejado en una distancia horizontal. Adicional a esta idea se agregaron otros requerimientos a la planta, como lo son el arranque y paro del motor, entre otros.

Para el desarrollo y diseño de la planta se eligió el siguiente sensor, un encoder con las siguientes características; Rotary Encoder, modelo E50S8-360-3-T-24, Voltaje de operación 12-24 Vol DC  $\pm 5\%$ , este sensor trabaja de forma muy sencilla, pues por cada grado censado da un pulso, pero surgió un inconveniente, debido a que los pulsos generados por grado solo eran de 3.8 voltios, y la entrada digital del PLC recibe datos altos para valores entre el rango de 18 a 24 voltios, por lo que fue necesario diseñar e implementar un circuito que elevara este valor de 3.8 a 24 vol.

El circuito que se implementó eleva el valor de cada pulso de 3.8 voltios a 19.6 voltios, este valor está dentro del rango de valores que recibe el PLC y puede ser leído por el mismo. En la figura 28 se puede ver el circuito implementado la resistencia de 4.3 k $\Omega$  es la resistencia que se encuentra internamente en la entrada del PLC. Los cálculos se muestran a continuación:

$$R_b = 15K, \quad V_b = 3.8Vol, \quad R_b = 15K, \quad V_c = 24Vol$$

$$I_b = ?, \quad R_c = ? \quad I_c = ?, \quad \beta = ? \quad V_{BE} = 0.7Vol, \quad V_{CE} = ?$$

Corte

$$V_{CE} = 0Vol., \quad V_b = 0Vol, \quad I_c = I_b = 0,$$

Saturación

$$I_b = \frac{V_b - V_{BE}}{R_b}$$

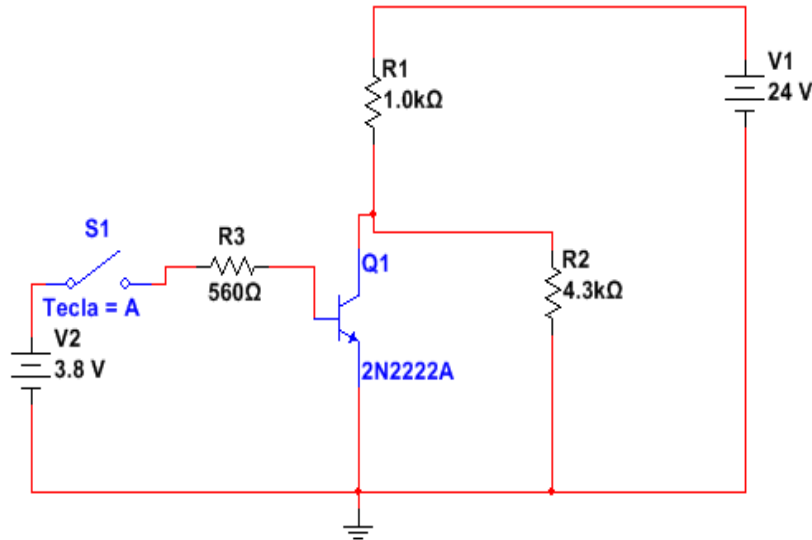
$$I_b = \frac{(3.8 - 0.7)Vol}{15K \Omega} = 0.26mA$$

$$I_c = \beta I_b$$

$$I_c = \frac{V_b - V_{BE}}{R_b} = 100 * 0.26mA = 26mA$$

$$R_c = \frac{V_c}{I_c} = \frac{24V_{ol}}{26mA} = 923\Omega \cong 1k$$

Figura 28. Circuito elevador de voltaje



Fuente: Autores

Se trabajó con un motor DC a 24 voltios y a 5 RPM, que facilitó el manejo y trabajo con el PLC, fue necesario utilizar 2 relés para poder hacer el control de giro. Se conectaron los terminales del motor DC a cada relé, los cuales son accionados por medio del programa que se creó para hacer dicho control.

Además de sensar la posición angular con el PLC, también se puede controlar el arranque y paro del motor, y hacer una visualización por medio de luces piloto que indican si el motor está encendido o apagado, si se detuvo, o que indiquen en qué sentido se encuentra girando. También se implementó una alarma que indique el final de carrera o posición deseada. Para realizar la función de paro y arranque se usaron dos pulsadores normalmente abiertos y dos normalmente cerrados, o para ser utilizados según los requerimientos del programador. Se implementaron 3 luces (verde, naranja y rojo) para realizar la función de activación de la planta, sentido de giro, posición final, etc. o según requerimiento de quien programe.

**6.4.2.1 Dispositivos eléctricos usados:** en la tabla 14 se muestra la lista de materiales usados en la planta de posición.

Tabla 14. Materiales usados para la planta de posición.

<p><b>-Motor:</b></p> <p>Marca: ELECTRICGEAR</p> <p>Voltaje: 24 VDC</p> <p>RPM: 5</p>	<p><b>-Sensor: ENCODER INCREMENTAL</b></p> <p>Marca: E50S8-360-3-T-24</p> <p>Rango de medición: 0 a 360 °</p> <p>Variación: pulsos/grado</p> <p>Tipo: Normalmente abierto N.O</p>	<p><b>- Alarma</b></p> <p>Marca: EBCHQ</p> <p>Voltaje: 24 VDC</p> <p>Tipo: chicharra</p>
<p><b>Pulsadores</b></p> <p>Marca: EBCHQ</p> <p>Voltaje: 24 VDC</p> <p>2 normalmente abiertos (verde)</p> <p>2 normal mente cerrados (rojo)</p>	<p><b>Luces piloto</b></p> <p>Marca: EBCHQ</p> <p>Voltaje: 110-240 VAC</p> <p>Colores: verde, rojo y naranja</p>	

Fuente: autores

**6.4.2.2 Distribución de elementos y eléctrica.** A continuación se presentan las imágenes de distribución de elementos, distribución eléctrica y la pantalla del HMI creado en el software FactoryTalk View Studio de la planta de posición, el cual permite tener una visualización en tiempo real en el comportamiento de la planta.

Figura 29. Distribución de elementos planta posición



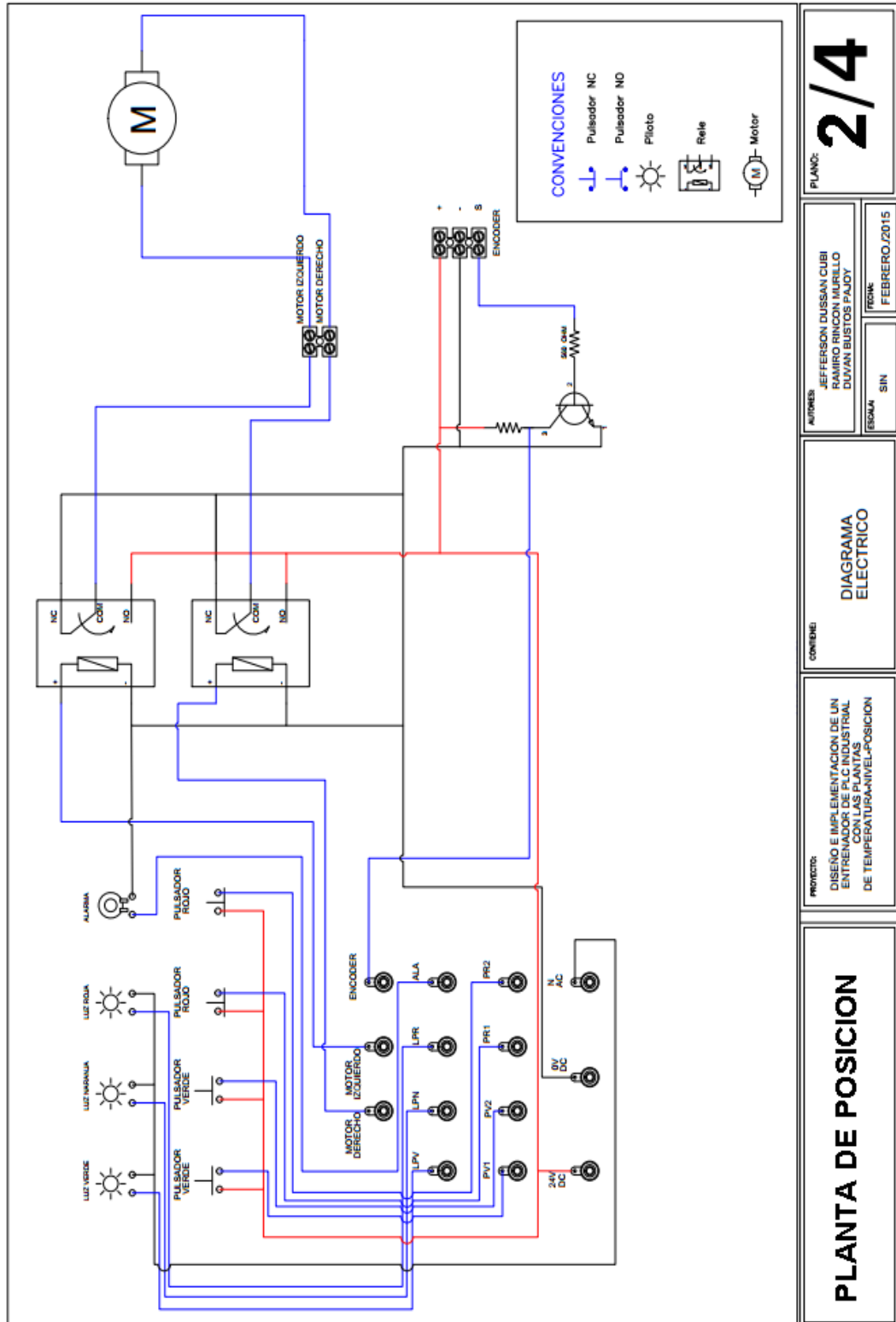
Fuente autores

Figura 30. Interface FactoryTalk view planta posición



Fuente: autores

Figura 31. Esquema de distribución eléctrica planta posición



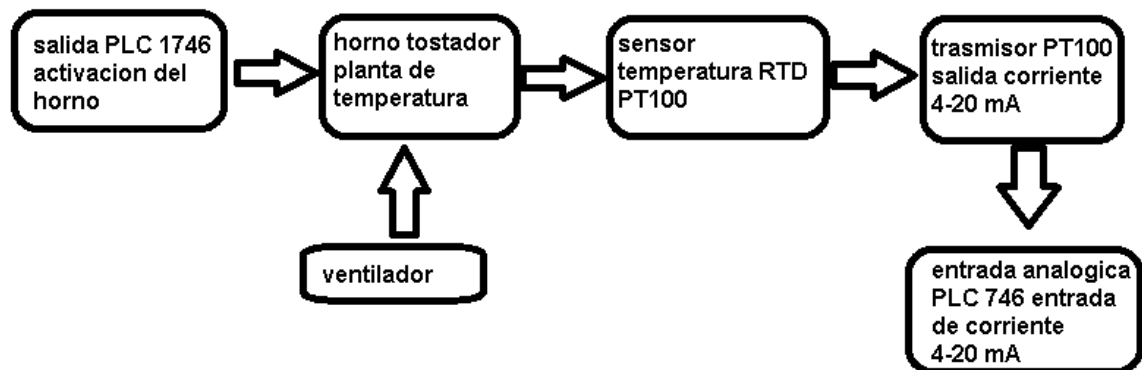
Fuente: autores



**6.4.3 Diseño e implementación planta de temperatura.** Para el diseño de dicha planta se tuvo en cuenta como primera medida las referencias de los módulos analógicos y digitales del PLC Allen Bradley 1746. La planta de temperatura consta de un sistema que proporcione calor, un sensor para la medición de la misma, un ventilador para regular la transferencia de calor, botones de mando para la inicialización y termino del proceso, luces y alarmas para la visualización de lo que esté sucediendo.

Para la planta de temperatura se usó un horno tostador, el cual es muy práctico y de fácil manejo, el cual tiene un rango de 0 a 250 °C con activación en voltaje A.C; para obtener una lectura constante y real de temperatura, la cual se lograra sensar y controlar directamente desde el PLC, se usó un sensor RTD PT100 con rango de medida de 0 a 400 °C, con el cual se logró tener dicha lectura, y es uno de los elementos más usados en la industria para tal fin, ya que el PLC cuenta con un módulo de entradas analógicas con lectura de corriente (1746-NI16I), y las lecturas de la PT100 son en resistencia, se requirió el uso de un trasmisor de PT100 con rango de medida de 0 a 400 °C al igual que la PT100, con un salida de corriente (4-20 mA) la cual es compatible con el módulo análogo a usar.

Figura 32. Diagrama de bloques de la planta de temperatura



Fuente: Autores

En la planta se requirió también tener un control de arranque y paro del horno, y una visualización ya fuera de luces de arranque, de alta y baja temperatura, o de alarma; para ello se usaron dos pulsadores normalmente abiertos y dos normalmente cerrados, para realizar la función de paro y arranque o para ser utilizados según requerimiento del programador. Se implementaron 3 luces (verde, naranja y rojo) para realizar la función de activación de la planta, bajas

temperatura y alta temperatura respectivamente o según requerimiento del programador. Para lograr tener un nivel de seguridad, se usó un sensor inductivo de proximidad en la puerta del horno y una alarma, según la programación para tener un nivel de protección ante quemadura por elevadas temperaturas.

#### 6.4.3.1 Dispositivos eléctricos usados. Listado de elementos usados.

Tabla 15. Materiales usados para la planta de temperatura.

<p><b>Horno tostador:</b>          Marca: GOONROO          Voltaje: 110-240 VAC          Rango temperatura: 0 a 250 °C</p>	<p><b>Sensor RTD PT100</b>          Marca: EBCHQ          Rango de medición: 0 a 400 °C          Variación: resistencia (<math>\Omega</math>)</p>	<p><b>-Trasmisor PT100</b>          Marca: EBCHQ          Referencia: 89010          Tipo: pt100          Rango de medición: 0-400 °C          Voltaje de entrada: 24 VDC          Salida: 4-20 mA.</p>
<p><b>-Ventilador</b>          Voltaje: 24 VDC          Tipo: extracción de calor</p>	<p><b>-Sensor inductivo</b>          Marca: TELEMECANIQUE SENSORS          Referencia: XS1M30PA370          Voltaje: 24 VDC          Rango: 0 a 18 mm          Salida: 24 VDC          Activación: normalmente cerrado          N.C.</p>	<p><b>Alarma</b>          Marca: EBCHQ          Voltaje: 24 VDC          Tipo: chicharra</p>
<p><b>Luces piloto</b>          Marca: EBCHQ          Voltaje: 110-240 VAC          Colores: verde, rojo y naranja</p>	<p><b>Pulsadores</b>          Marca: EBCHQ          Voltaje: 24 VDC          2 normalmente abiertos (verde)          2 normalmente cerrados (rojo)</p>	

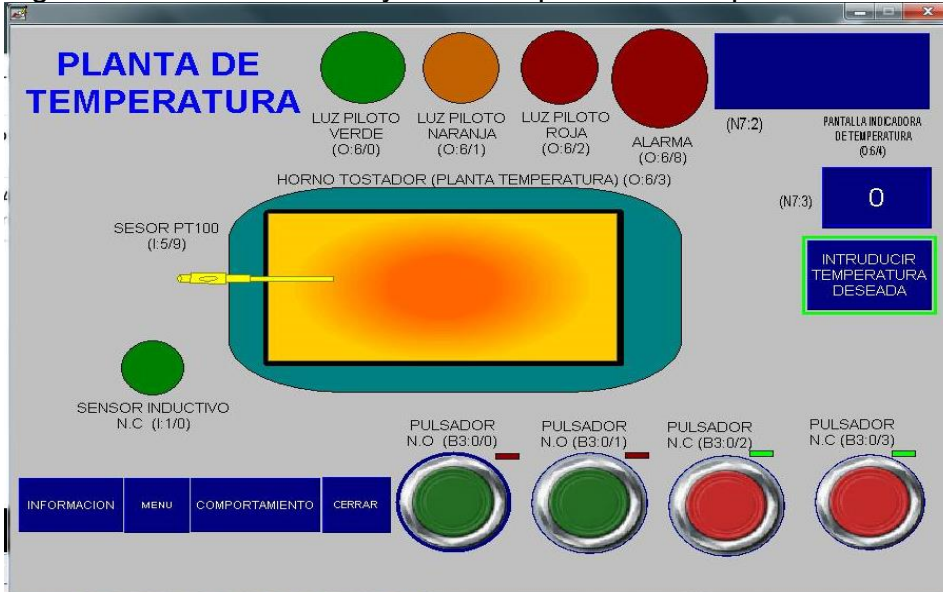
Fuente: Autores

Figura 33. Distribución de elementos planta de temperatura



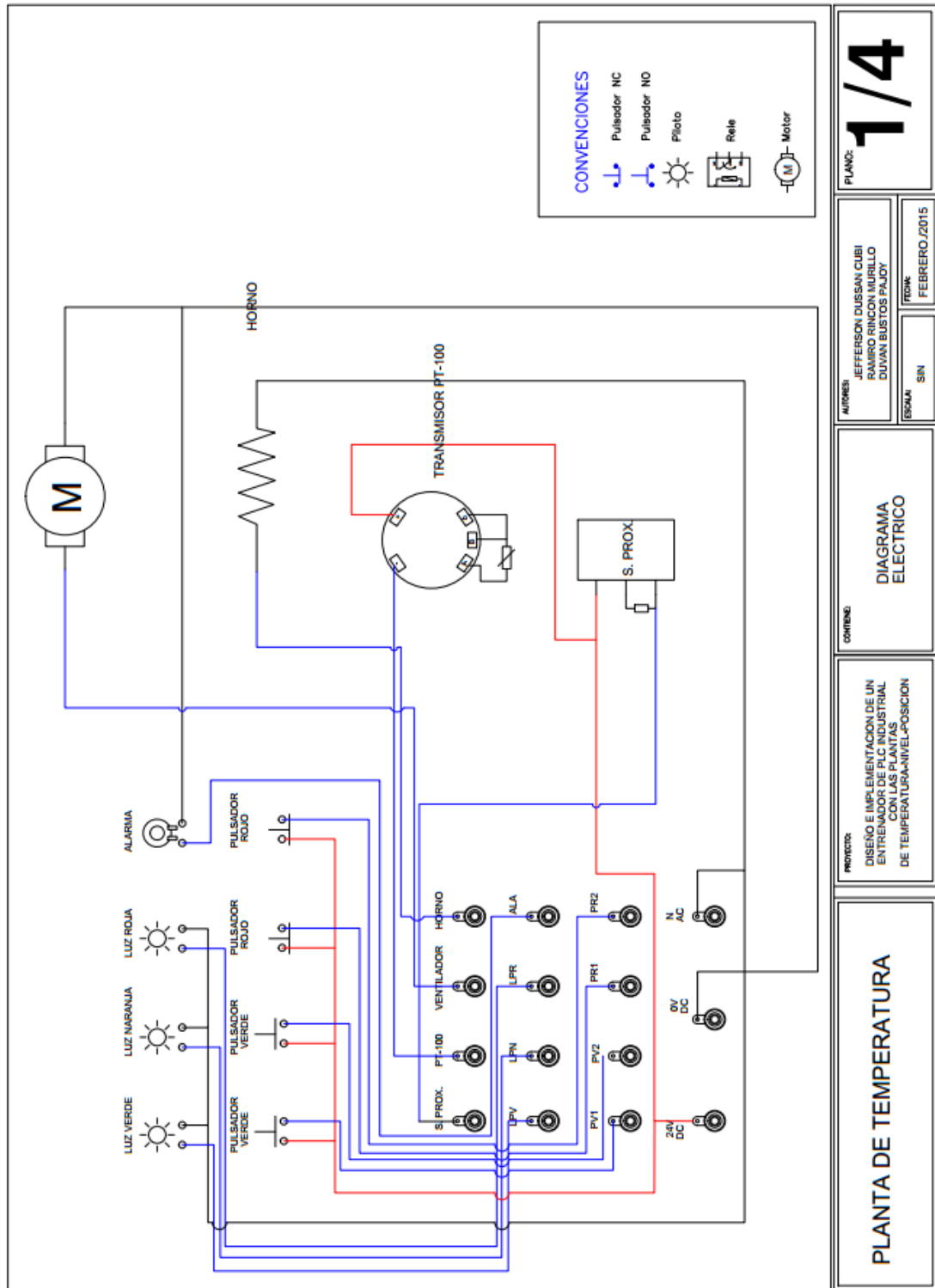
Fuente: Autores

Figura 34. Interface Factory talk view planta de temperatura



Fuente: Autores

Figura 35. Esquema de distribución eléctrica planta de temperatura

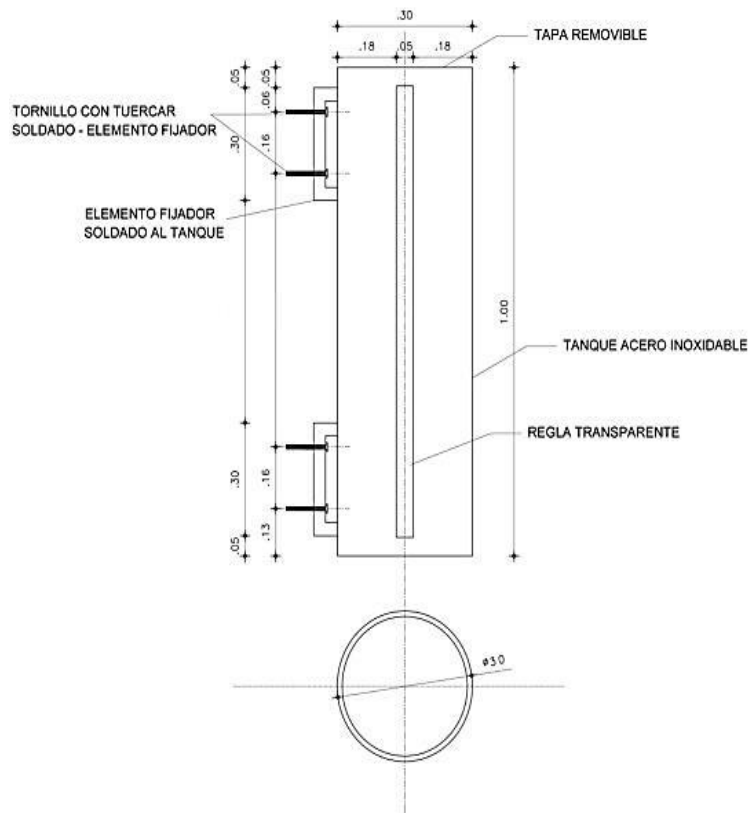


Fuente: Autores

**6.4.4 Diseño e implementación planta de nivel.** Para el diseño de dicha planta se tuvo en cuenta como primera medida las referencias de los módulos análogos y digitales del PLC Allen Bradley 1746. La planta de nivel consta de dos tanques uno funciona como almacenador y el otro como recipiente de llenado, dos bombas las cuales realizaran la tarea de llenar y vaciar los tanques, se usa un sensor de ultrasonido para monitorear el nivel, botones de mando para la inicialización y termino del proceso, luces y alarmas para la visualización de lo que esté sucediendo.

**6.4.4.1 Diseño estructural tanques.** El diseño de los contenedores de agua tuvo como principio los requerimientos y elementos iniciales que se pudieron obtener por donación. Bajo estos términos se obtuvieron:

Figura 36. Tanque superior planta de nivel

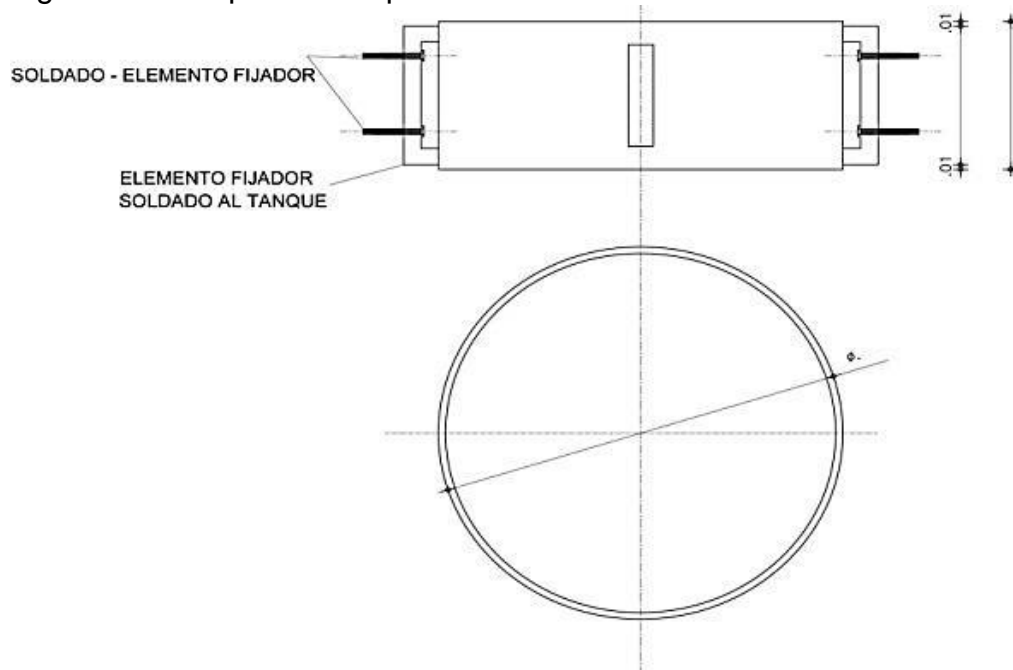


Fuente: Autores

El tanque mostrado en la figura anterior corresponde al utilizado para hacer las mediciones de nivel donde la regla nos da una visión y valor aproximado de la

variable medida, esta será comparada con la arrojada por el PLC y debe corresponder en un 98% ya que el este valor tendrá una error humano.

Figura 37. Tanque inferior planta de nivel

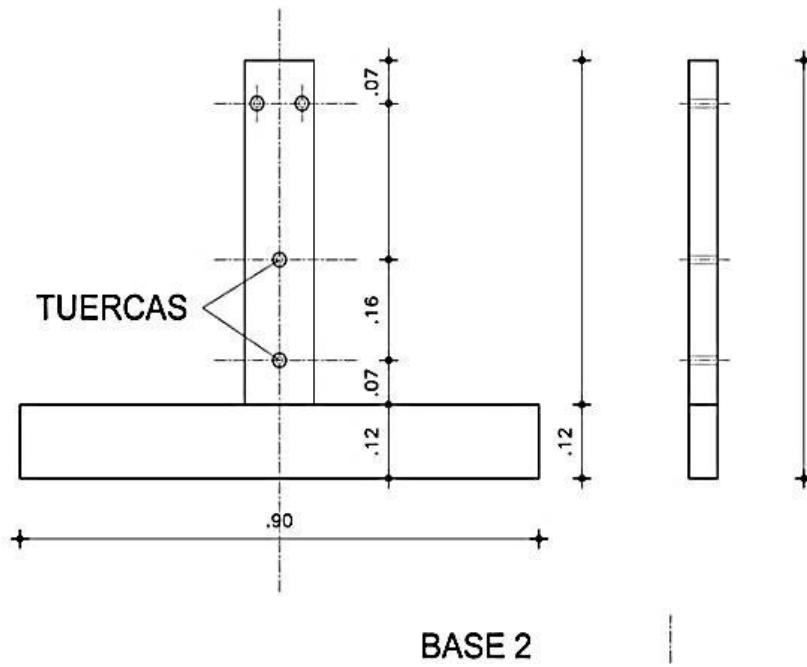


Fuente: Autores

En la figura anterior se muestra el diseño del tanque contenedor el cual está encargado de almacenar la cantidad de agua suficiente para el llenado del tanque 1 y mantener la bomba dc sumergida completamente para su buen funcionamiento.

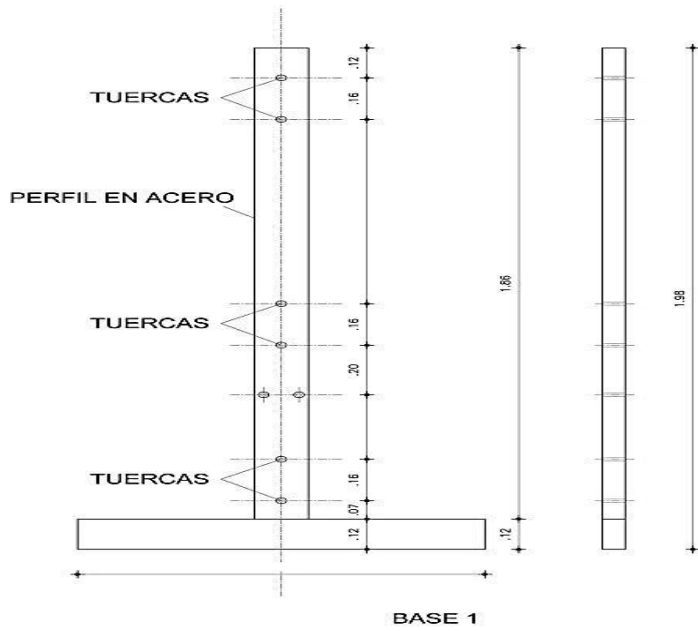
**6.4.4.2 Estructura.** La estructura está pensada para el buen funcionamiento de la planta, ahorro de material y espacio y suministrar una base para la ubicación de cada uno de los elementos electrónicos e hidráulicos como bombas, tuberías, caja de mando, sensor, válvulas.

Figura 38. Estructura tanque inferior planta de nivel



Fuente: Autores

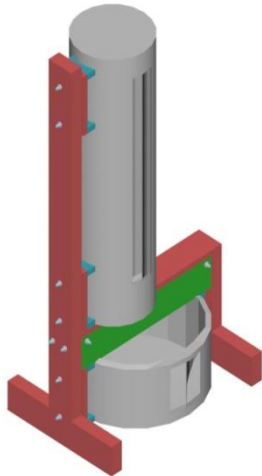
Figura 39. Estructura tanque superior planta de nivel



Fuente: Autores

**6.4.4.3 Montaje.** El montaje de esta planta es muy sencillo, permite un mantenimiento y cambio de elementos de forma muy rápida. Suministra una gran estabilidad teniendo en cuenta la cantidad de líquido que contiene. Si se desea aumentar las variables de medición con la adición de más sensores y actuadores el diseño de esta estructura se adapta muy bien a cualquier rediseño que se le quiera ajustar.

Figura 40. Montaje completo planta de nivel



Fuente: Autores

**6.4.4.4 Implementación realizada.** Listado de elementos usados.

Tabla 16. Materiales usados para la planta de nivel.

<p><b>Bomba AC</b>          Marca: EBCHQ          Voltaje: 110-240 VAC          transferencia:</p>	<p><b>Bomba DC</b>          Marca: EBCHQ          Voltaje: 24 VDC          transferencia:</p>	<p><b>sensor de nivel</b>          Marca: PEPPERL+FUCHS          Referencia: EB1000-18GM75-I-V15          Tipo: ultrasonido          Rango de medición: 0.7-100 Cm          Voltaje de entrada: 24 VDC          Salida: 4-20 mA.</p>
<p><b>Luces piloto</b>          Marca: EBCHQ          Voltaje: 110-240 VAC          Colores: verde, rojo y naranja</p>	<p><b>Pulsadores</b>          Marca: EBCHQ          Voltaje: 24 VDC          2 normalmente abiertos (verde)          2 normalmente cerrados (rojo)</p>	<p><b>Alarma</b>          Marca: EBCHQ          Voltaje: 24 VDC          Tipo: chicharra</p>

Fuente: Autores



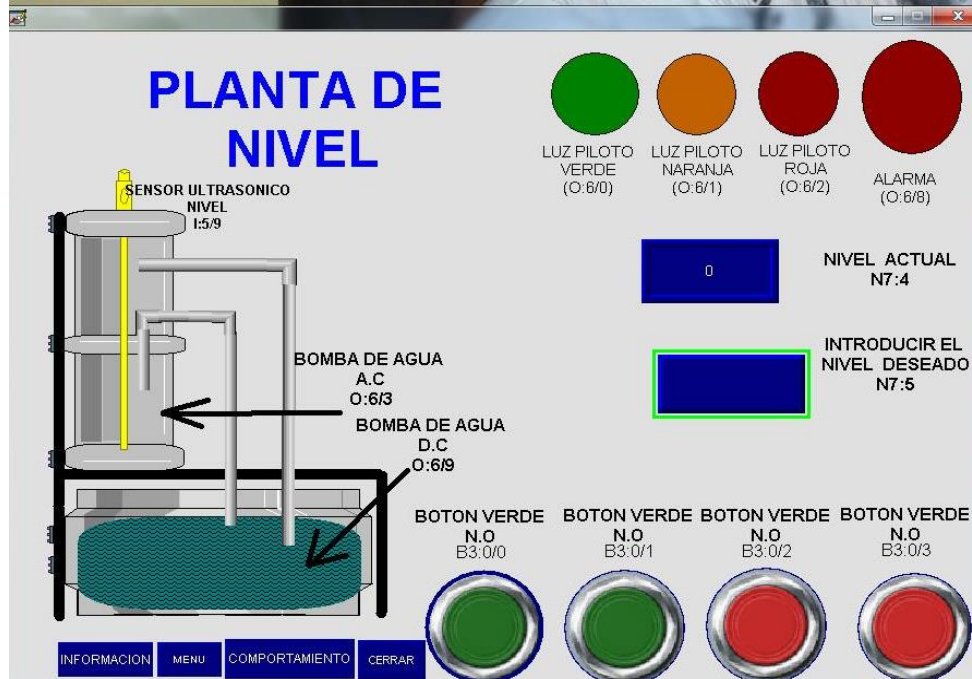
En la Figura 41 se presenta una imagen real de la planta de nivel con sus respectivas marquillas, En la Figura 42 se muestra la interfaz gráfica de la planta de nivel realizada en el software FactoryTalk View, con ella se puede realizar un monitoreo y control del llenado y vaciado de una forma más sencilla, en la Figura 48 se muestra el plano eléctrico.

Figura 41. Distribución de elementos planta de nivel



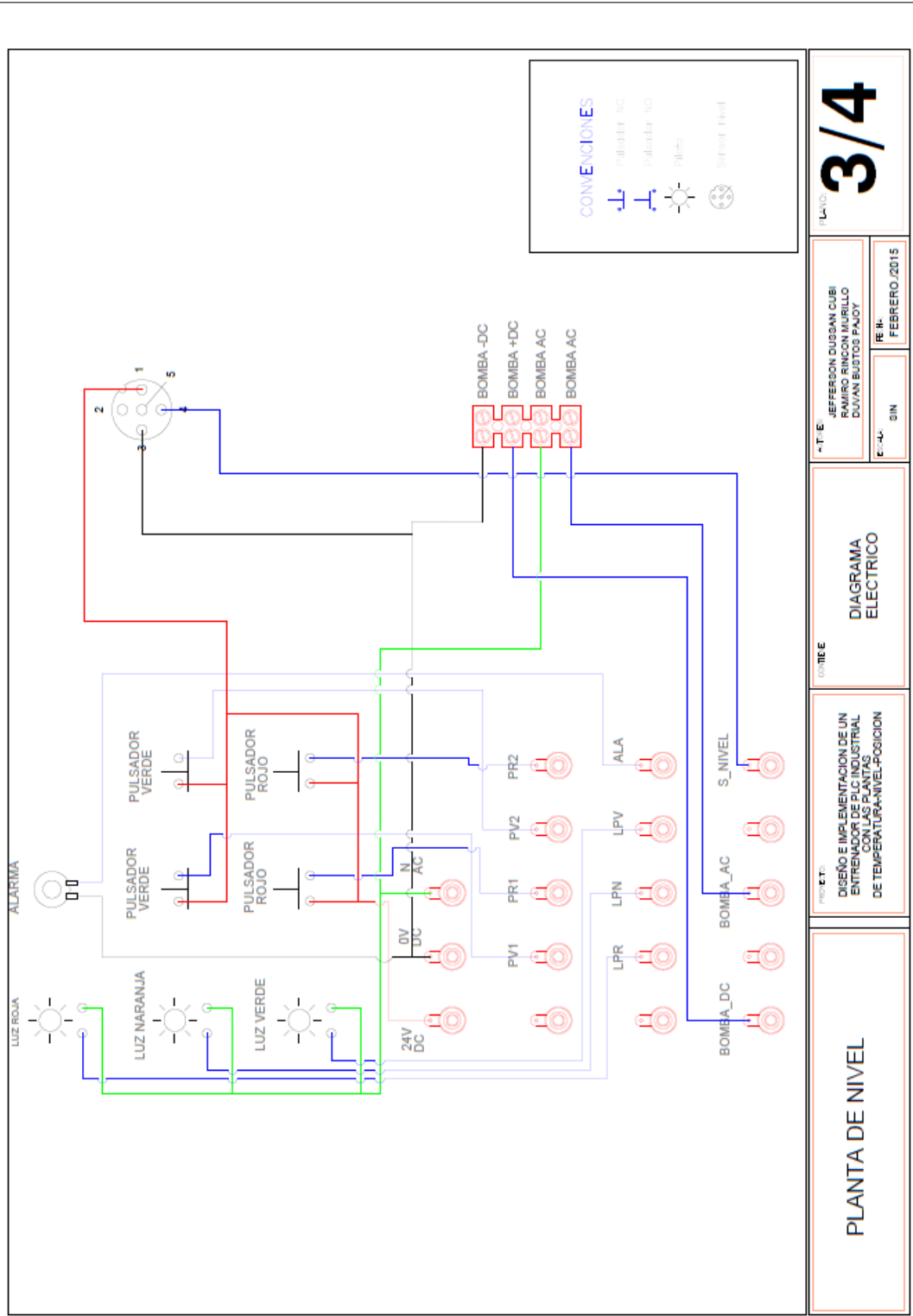
Fuente: Autores

Figura 42. Interface Factory talk view planta de nivel



Fuente: Autores

Figura 43. Esquema de distribución eléctrica planta de nivel



Fuente: Autores

**6.4.5. Listado de materiales con su respectivo costo.** A continuación se muestra un listado de materiales usados en este proyecto.

Tabla 17. Listado de materiales y de precios

Elemento	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Horno tostador	1	80.000	80.000
Sensor de proximidad	1	120.000	120.000
Sensor PT100	1	60.000	60.000
Trasmisor de temperatura	1	150.000	150.000
Pulsadores NA	7	5.000	35.000
Pulsador NC	7	6.000	42.000
Luces piloto	12	4.000	48.000
Alarmas	3	5.000	15.000
Encoder rotacional	1	300.000	300.000
Fuente de 24 VDC 10A	1	150.000	150.000
Borneras porta fusible	50	10.000	500.000
Tubo galvanizado	1	10.000	10.000
Rosca galvanizada ¼	2	2.000	4.000
Niple galvanizado ¼ X 2	1	1.000	1.000
Unión galvanizado de ¼	1	1.000	1.000
Rosca galvanizado ¼	1	1.000	1.000
Tapa copa galvanizado ¼	1	1.000	1.000
Regletas	9	2.000	18.000
Bomba sumergible AC	1	70.000	70.000
Bomba sumergible DC	1	300.000	300.000
Cable Null modem	1	10.000	10.000
Cable TrendNet	1	50.000	50.000
Cable CU aislado	1	15.000	15.000
Cable de instrumentación	1	20.000	20.000
Cable de cobre 18 mm	1	35.000	35.000
Sujetadores de cable	1	20.000	20.000
Sensor ultrasónico	1	750.000	750.000
Bananas de conexión	50	500	25.000
Pantalla de visualización	1	90.000	90.000
Ventilador 24 VDC	1	20.000	20.000
Motor DC 24 VDC	1	35.000	35.000
Polea	2	40.000	80.000
Polea Orrin	1	30.000	30.000
Estructura metálica	1	700.000	700.000
Total			3.780.000

Fuente: Autores

## 7. CONCLUSIONES

Se dio cumplimiento a los objetivos iniciales de este proyecto, pues se construyó un Módulo entrenador de PLC industrial, adicionalmente se implementaron las plantas de temperatura, nivel y posición, con las cuales los estudiantes del programa Ingeniería Electrónica de la Universidad Surcolombiana podrán desarrollar sus prácticas, obteniendo un mayor acercamiento de lo que se está trabajando hoy en día en las industrias; de igual forma se logró explicar en un lenguaje sencillo que facilite la comprensión y entendimiento para afianzar sus conocimientos en estas aplicaciones que son trascendentales en la actualidad para el ámbito del control industrial, con el fin de que los estudiantes cuenten con un amplio conocimiento que les permita ver de cerca lo que sería su vida laboral.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó un PLC industrial 1746 de la familia SLC 500 de la Allen Bradley, son utilizados para monitorear, sensor y controlar procesos en tiempo real, son utilizados en toda la industria, especialmente en la petrolera. Se puede comunicar a través de medios físicos muy seguros con protocolos Ethernet, RS-232 y el DH485.

Se diseñó un módulo entrenador de PLC industrial siguiendo los parámetros y estándares internacionales, además se tuvieron en cuenta las fichas técnicas del fabricante, usando el PLC 1746 de la Allen Bradley, siendo esta la estación principal desde la cual se realiza los monitoreo y control de los procesos de las plantas de temperatura, posición y nivel.

Las plantas realizadas presentan todas las condiciones funcionales y estéticas, además, se buscó que estas fueran de tipo industrial o lo más parecido posible, por tal razón la mayoría de elementos utilizados, como los sensores, los pulsadores y demás elementos son de tipo industrial, cabe resaltar que estos elementos fueron proporcionados por quienes desarrollaron este proyecto.

Se diseñó e implemento una planta de temperatura, con la cual se pueden realizar controles básicos con el PLC Allen Bradley o cualquier otro PLC. Se buscó integrar en la planta elementos comunes que se pueden encontrar en cualquier planta o proceso industrial. Se realizó una aplicación para el monitoreo remoto con la ayuda del software FactoryTalk View Studio de Allen Bradley el cual es una herramienta indispensable para estar a la vanguardia de los monitores a base de sistemas SCADA.

## **8. RECOMENDACIONES**

Antes de utilizar y manipular cualquiera de los elementos del módulo entrenador o de alguna de las plantas, es de vital importancia que las personas se familiaricen con los manuales de operación para evitar cualquier daño a las plantas o al PLC.

Adquirir las licencias del software RSLogix 500, FactoryTalk View Studio y RSLinx Classic para obtener un mejor rendimiento en el funcionamiento de las plantas.

Para un mejor aprovechamiento de los módulos aplicados se recomienda adquirir actuadores análogos para realizar mejores controles, ya que hasta el momento solo se puede realizar control ON-OFF.

## BIBLIOGRAFIA

ESCUADERO M. LEMA J. C y SANCHEZ R, Módulo Didáctico para Control y Monitoreo de 3 Variables Nivel, temperatura, Presión, Implementado con Sensores, PLC Flexlogix y Scada FactoryTalk (Allen Bradley), Trabajo de Grado, Guayaquil, Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Facultad de Ingenierías, Ingeniería electrónica, abril 2012.

IDARRAGA G, Yerson S. Diseño y construcción de tableros industriales y simuladores para PLC 2006. Tesis (Ingeniero Electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Electrónica.

ROCKWELL AUTOMATION, Manual "Factory Talk View Site Edition", publication VIEWSE-UM006I-EN-P (Agosto de 2014), { Consulta 20 de noviembre de 2014} [En línea] Disponible en:<[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewse-um006\\_-en-e.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewse-um006_-en-e.pdf)>.

ROCKWELL AUTOMATION, Manual "RSLinx Classic", publicación LINX-GR001A-ES-E (Agosto de 2008), {Consulta 10 de agosto de 2014} [En línea] Disponible en:<[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/linx-gr001\\_-es-e.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/linx-gr001_-es-e.pdf)>.

ROCKWELL AUTOMATION, Manual "SLC 500 Digital I/O Modules", Publicación 1746-IN027D-EN-P (Diciembre de 2012), { Consulta 15 de agosto de 2014} [En línea] Disponible en:<[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in027\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in027_-en-p.pdf)>.

ROCKWELL AUTOMATION, Manual "SLC 5/03, SLC 5/04 and SLC 5/05 Modular Processors", Publicación 1747-IN009B-EN-P (Marzo de 2008), {Consulta 6 de septiembre del 2014} [En línea] Disponible en :<[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1747-in009\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1747-in009_-en-p.pdf)>.

ROCKWELL AUTOMATION, Manual "SLC 500 Analog Input Module", publication 1746-IN001B-US-P (Diciembre de 1999), {Consulta 26 de agosto de 2014} [En línea] Disponible en :<

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1747-in009\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1747-in009_-en-p.pdf)>.

ROCKWELL AUTOMATION, Manual “SLC 500 4-Chanel Analog I/O Modules”, Publicación 1746-UM005B-EN-P (Junio de 2004), {Consulta 14 de agosto de 2014} [En línea] Disponible en :<  
[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1746-um005\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1746-um005_-en-p.pdf)>.

ROCKWELL AUTOMATION, Manual “SLC 500 BASIC and BASIC-T Modules”, Publicación 1746-UM004B-EN-P (Diciembre de 2005), {Consulta 11 de agosto de 2014} [En línea] Disponible en :<  
[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1746-um004\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1746-um004_-en-p.pdf)>.

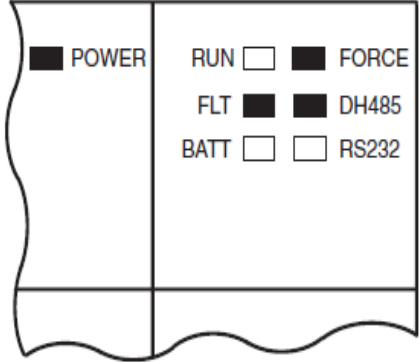
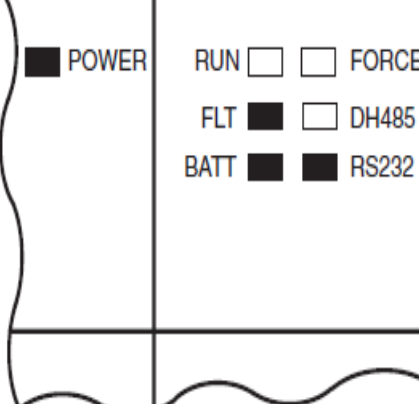
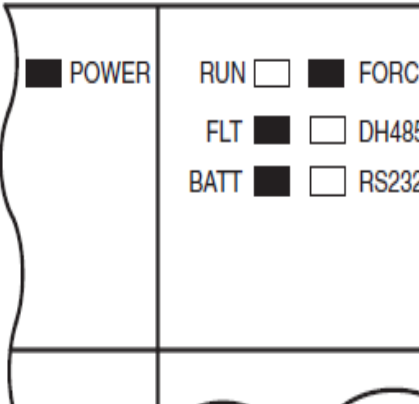
ROCKWELL AUTOMATION, Manual “SLC 500 Power Supplies”, Publicación 1746-IN004B-EN-P (Marzo de 2008), {Consulta 12 de agosto de 2014} [En línea] Disponible en :<  
[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in004\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in004_-en-p.pdf)>.

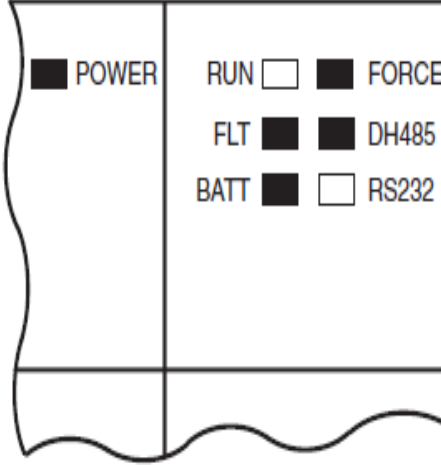
ROCKWELL AUTOMATION, Manual “SLC 500 SYSTEMS”, publicación 1747-SG001E-EN-E (Febrero 2003), {Consulta 12 de agosto de 2014} [En línea] Disponible en :<  
[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1747-sg001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1747-sg001_-en-p.pdf)> Consulta 12 de agosto de 2014

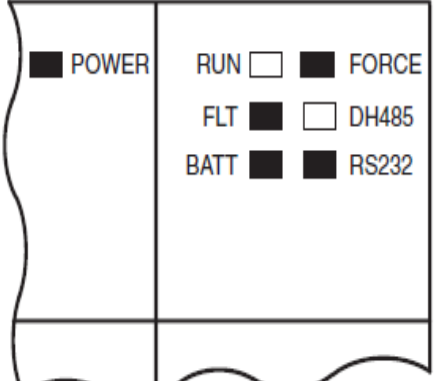


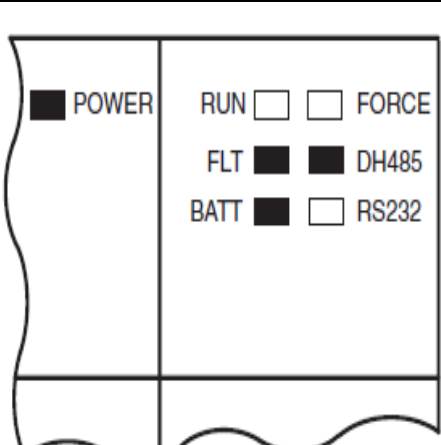
## ANEXOS

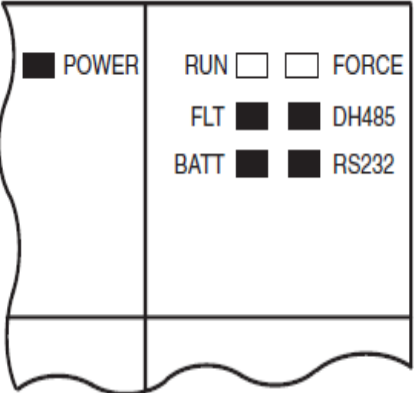
**ANEXO A:** Tabla 1 posible errores del procesador.

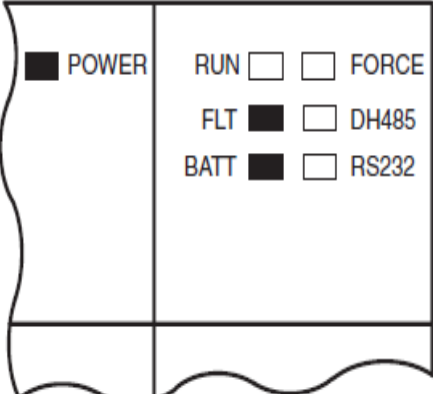
	<p><b>Los siguientes errores existen</b></p> <p>Error fatal en el hardware</p>	<p><b>Causa probable</b></p> <p>Avería importante de hardware debido al ruido, tierra inadecuada o mala fuente de alimentación.</p>	<p><b>Acción de recomendación</b></p> <p>Apague y vuelva y vea si el error se repite. Si despeja el error, usted debería ser capaz de descargar el firmware. Si persiste el error, póngase en contacto con su representante de Rockwell Automation.</p>
	<p><b>Los siguientes errores existen</b></p> <p>Módulo de memoria del sistema operativo dañado</p>	<p><b>Causa probable</b></p> <p>El sistema operativo de la Flash EPROM es corrupto.</p>	<p><b>Acción de recomendación</b></p> <p>Apague y vuelva y vea si el error se repite. Si el error persiste, comuníquese con el representante de Rockwell Automation para obtener un nuevo cartucho de actualización del sistema operativo, o descargar el sistema operativo antiguo, si está disponible.</p>
	<p><b>Los siguientes errores existen</b></p> <p>Flash EPROM Fracaso</p>	<p><b>Causa probable</b></p> <p>El flash EPROM procesador está dañado.</p>	<p><b>Acción de recomendación</b></p> <p>Apague y vuelva y vea si el error se repite. Si despeja el error, usted debería ser capaz de descargar el firmware. Si persiste el error, póngase en contacto con su representante de Rockwell Automation.</p>

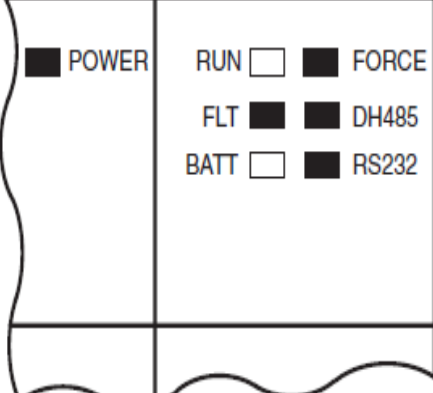
	<p><b>Los siguientes errores existen</b></p> <p>Corrupto o Que falta Operativo Sistema</p>	<p><b>Causa probable</b></p> <p>El sistema operativo no se encuentra o se ha dañado</p>	<p><b>Acción de recomendación</b></p> <p>Apague y encienda. Si error desaparece, usted debería ser capaz de descargar el firmware. Si persiste el error póngase en contacto con su representante Rockwell automation para un nuevo sistema operativo</p>
---	--	---	--

	<p><b>Los siguientes errores existen</b></p> <p>Descarga del sistema operativo fallido</p>	<p><b>Causa probable</b></p> <p>Durante la transmisión del sistema operativo no es posible descargarlo</p>	<p><b>Acción de recomendación</b></p> <p>Descargar el sistema operativo</p>
--	--	--	---

	<p><b>Los siguientes errores existen</b></p> <p>Incompatible Plataforma</p>	<p><b>Causa probable</b></p> <p>La actualización del sistema operativo es incompatible con el hardware del procesador</p>	<p><b>Acción de recomendación</b></p> <p>Utilice un sistema operativo que es compatible con su procesador hardware</p>
---	---	---	--

	Los siguientes errores existen	Causa probable	Acción de recomendación
	Memoria de escritura Protegido	Se hizo un intento para descargar el sistema operativo en memoria protegida contra escritura	Cambie el puente J4 de la SLC 5/03 y SLC 5/04 procesadores al programa posición.

	Los siguientes errores existen	Causa probable	Acción de recomendación
	Error NVRAM	Fallo de hardware debido a Mayor ruido, tierra inadecuada, o pobre fuente de alimentación	Apague y vuelva a ver si el error se repite. Si despeja el error, usted debe ser capaz de descargar El firmware. Si persiste el error, contacte con su representante Rockwell Automation

	Los siguientes errores existen	Causa probable	Acción de recomendación
	Hardware Perro guardián Se acabó el tiempo	Fallo de hardware debido a Mayor ruido, tierra inadecuada, o pobre fuente de alimentación	Apague y vuelva a ver si el error se repite. Si despeja el error, usted no debe ser capaz de descargar El firmware. Si persiste el error, en contacto con su Rockwell Representante Automation

Fuente:

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1747-in007\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1747-in007_-en-p.pdf)

**ANEXO B. GUIAS PARA EL LABORATORIO DE PLC INDUSTRIAL**

Se encuentra en el CD que acompaña este libro.

**ANEXO C. HMI PROYECTO FINAL MÓDULO PLC INDUSTRIAL**

Se encuentra en el CD que acompaña este libro.