



## **UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**SISTEMA SCADA (SUPERVISIÓN,  
CONTROL Y ADQUISICIÓN DE  
DATOS) PARA EL CONTROL  
AUTOMÁTICO DEL ENCENDIDO  
DE LOS AIRES ACONDICIONADOS  
DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**Autores:**  
Castillo, Leonardo  
Fuenmayor, Rafael

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master)



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN**

**SISTEMA SCADA (SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE  
DATOS) PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DEL ENCENDIDO DE LOS  
AIRES ACONDICIONADOS DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO ELECTRÓNICO Y COMPUTACIÓN.**

**Autores:** Castillo, Leonardo  
C.I.: 22.556.168  
Fuenmayor, Rafael  
C.I.: 26.245.218  
**Tutor:** Dra. Belkys Araujo

San Diego, Junio 2019

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
Y DE COMPUTACIÓN

San Diego, Abril de 2019

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Dra Belkys Araujo, titular de la cédula de identidad N° 6.906.234, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por los ciudadanos: Casillo, Leonardo, titular de la cédula de identidad N° 22556168 y Fuenmayor, Rafael titular de la cédula de identidad N° 26245218 titulado "SISTEMA SCADA (SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS) PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DEL ENCENDIDO DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico y en Computación, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 26 de abril del año 2019.



Dra Belkys Araujo  
C.I. 6.906.234



Universidad José Antonio Páez  
Facultad de Ingeniería

FI-C/E -011-2019-ICE

Valencia, 22 de Abril de 2019.

Ciudadano:  
Leonardo Castillo  
C.I.22.556.168  
Rafael Fuenmayor  
C.I.26.245.218  
Presente.-

Cumpla con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 22-04-2019 aprobó el proyecto de trabajo de SISTEMA SCADA (SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS) PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DEL ENCENDIDO DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico y en Computación.

Se ratifica la designación del Ing. Belkys Arango, C.I: 6.906.234 y la Ing. Alicia de Pizzella, C.I: 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Prof. Luis Lirio  
Decano de la Facultad de Ingeniería

c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

Lito.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
Y DE COMPUTACIÓN

San Diego, Abril de 2019

**ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **"SISTEMA SCADA (SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS) PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DEL ENCENDIDO DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Dra Belkys Arango

09/04/2019

Tutor Académico

Firma

Fecha

Ing. Alicia de Pizzella

9-4-19

Tutor Metodológica

Firma

Fecha

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pp.</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.2 Formulación del problema.....	3
1.3 Objetivos de la investigación .....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos .....	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Alcance de la Investigación.....	5
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	
1.6 Limitaciones .....	5
2.1 Antecedentes .....	6
2.2 Bases teóricas .....	8
2.2.1 Automatización.....	8
2.2.1.1 Tipos de Automatización .....	9
2.2.2 Sistemas de Control .....	11
2.2.2.1 Componentes de un sistema de control .....	12
2.2.3 Controladores lógicos programables (PLC) .....	12
2.2.3.1 Características de los PLC. ....	13
2.2.3.2 Interfaz HMI de los PLC.....	14
2.2.4 PLC Siemens .....	16

2.2.4.1 Programación de PLC .....	16
2.2.4.2 Comunicación entre PLC y HMI .....	18
2.2.5 Sistema SCADA .....	20
2.2.5.1 Objetivos .....	20
2.2.5.2 Prestaciones.....	21
2.2.6 Entorno .....	23
2.2.7 Sistemas de refrigeración.....	25
2.2.7.1 Sistema de refrigeración por compresión.....	25
2.2.7.2 Sistema Chiller .....	27
2.3 Definición de términos .....	29

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1. Tipo de Investigación .....	31
3.2. Nivel de la Investigación .....	32
3.3. Diseño de la Investigación .....	32
3.4 Población y Muestra .....	33
3.4.1. Población .....	33
3.4.2. Muestra .....	33
3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	33
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	33
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos .....	34
3.6 Fases de la Investigación .....	35

### **IV RESULTADOS**

4.1 Fase I .....	37
4.1.1 Observación directa. ....	37
4.1.2 Revisión documental del funcionamiento del sistema Chiller .....	38
4.1.2.1 Sistema Chiller .....	38
4.1.2.2 Principio de funcionamiento del sistema Chiller .....	39

4.1.2.3 Elementos básicos del Sistema Chiller .....	41
4.1.2.4 Tipos de Chiller.....	43
4.1.2 Evaluación de los equipos de hardware.....	44
4.1.2.1 PLC Simatic S7-300.....	45
4.1.2.2 Descripción de los 5 Módulos Centrales.....	47
4.1.2.3 Prestaciones.....	50
4.1.2.4 Tipos de Módulos Disponibles.....	51
4.1.2.5 Sensor de movimiento.....	54
4.1.3 Evaluación de software.....	55
4.1.3.1 Step 7 Simactic.....	55
4.1.3.2 Software Intouch .....	57
4.2 Fase II.....	61
4.2.1 Crear un proyecto en Step 7 Simatic .....	61
4.2.1.2 Primeros pasos a realizar.....	63
4.2.1.3 Bloques del proyecto.....	68
4.2.2 Descripción y simulación de la programación.....	77
4.2.2.1 Simulación del inicio del sistema.....	79
4.2.2.2 Simulación de las Funciones del sistema.....	81
4.2.2.3 Simulación de los Funciones de Bloques del sistema.....	82
4.3 Fase III.....	84
4.3.1 Inicio del Sistema .....	86
4.3.2 Pantallas principales .....	86
4.3.2.1 Edificio 1 .....	86
 <b>V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1 Conclusiones .....	91
5.2 Recomendaciones.....	92
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>95</b>

ANEXO A. Bloques de funciones de los Horarios. ....	96
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pp.</b>
Figura 1. Diagrama de Control Manual.....	9
Figura 2. Diagrama de control Automático.....	10
Figura 3. Esquema básico de un sistema de control.....	11
Figura 4. Controlador lógico programable 1.....	13
Figura 5. Unidades funcionales del PLC .....	15
Figura 6. Diagrama de bloques de un TP.....	16
Figura 7. Diagrama escalera o Ladder .....	17
Figura 8. Diagrama de Bloques.....	17
Figura 9. Representación de un sistema SCADA en una compañía .....	21
Figura 10. Interfaz gráfica de un Scada. ....	22
Figura 11. Pirámide de Automatización. ....	24
Figura 12. Ciclo de refrigeración. ....	26
Figura 13. Sistema Chiller.....	28
Figura 14. Sistema Chiller de la Universidad José Antonio Páez.....	38
Figura 15. Ciclo de CARNOT .....	39
Figura 16. PLC S7 300.....	46
Figura 17. Expansión Usando ET-200 tipo IM.....	50
Figura 18. Conexión ETHERNET .....	54
Figura 19. Sensor de movimiento. ....	55
Figura 20. Gráfica de Intouch. Ejemplo de interfaz gráfica.....	59
Figura 21. Librería Symbol Factory.....	60
Figura 22. Guía de Orientación Step 7 para inicializar un proyecto.....	62
Figura 23. Diagrama de Bloques para el encendido y apagado de los aires acondicionados.....	63
Figura 24. Crear el equipo Simatic 300. ....	65

Figura 25. Insertar bastidor .....	65
Figura 26. Insertar el CPU .....	66
Figura 27. Insertar módulo de entradas y salidas digitales. ....	66
Figura 28. Tabla de Símbolos .....	67
Figura 29. Función FC4 leer la hora de la PC 1.....	69
Figura 30. Función FC4 leer la hora de la PC 2.....	70
Figura 31. Horario de 7:00 am a 8:30 am 1 .....	72
Figura 32. Horario de 7:00 am a 8:30 am 2 .....	72
Figura 33. Horario de 7:00 am a 8:30 am 3 .....	73
Figura 34. Bloques de funciones para horarios.....	74
Figura 35. Ocupación UJAP .....	74
Figura 36. Bloque de Función para el salón 2S01. 1 .....	75
Figura 37. Bloque de Función para el salón 2S01. 2 .....	75
Figura 38. Bloque de Función para el salón 2S01. 3 .....	76
Figura 39. Bloque de Función para el salón 2S01. 4 .....	76
Figura 40. Bloque de Organización principal 1. ....	77
Figura 41. Bloque de Organización principal 2. ....	78
Figura 42. Bloque de Organización principal 3. ....	78
Figura 43. Simulación inicio del sistema 1. ....	79
Figura 44. Simulación inicio del sistema 2. ....	80
Figura 45. Modo manual del sistema .....	81
Figura 46. Simulación de la FC4 1 .....	82
Figura 47. Simulación de la FC4 2 .....	82
Figura 48. Simulación del FB 2 .....	83
Figura 49. Simulación del FB 18 .....	84
Figura 50. Pantallas principales de la interfaz SCADA.....	85
Figura 51. Pantalla Principal del SCADA.....	86
Figura 52. Edificio 1 del SCADA.....	87
Figura 53. Planta Baja Edificio 1 .....	87

Figura 54. Piso 1 Edificio 1. ....	88
Figura 55. Piso 2 Edificio 1. ....	89
Figura 56. Piso 3 Edificio 1. ....	89
Figura 57. Sistema Manual Edificio 1. ....	90



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN**

**SISTEMA SCADA (SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS) PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DEL ENCENDIDO DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**Autores:** Castillo, Leonardo  
Fuenmayor, Rafael  
**Tutor:** Dra. Belkys Araujo.  
**Fecha:** Junio 2019.

**RESUMEN**

El presente proyecto de investigación surge de la problemática existente en la Universidad José Antonio Páez para la climatización de sus aulas de clase, dicho proceso de climatización consiste en el encendido de la unidad chiller central ubicada en cada uno de los edificios presentes en el campus, una vez encendido el sistema cada una de las consolas presentes en cada salón comienzan inmediatamente a ejecutar el proceso de refrigeración, este proceso no garantiza el buen uso de las unidades ya que la mayoría de aulas se encuentran sin clases ni alumnos y con el aire encendido y no se tiene un control del mismo. En consecuencia, el proyecto de investigación tiene como principal objetivo, el diseño y desarrollo de un sistema SCADA para la automatización del encendido y apagado de los aires acondicionados de la universidad, el cual permita encender o apagar las consolas dependiendo de las condiciones del salón, las consolas prenderán. Si solo si se está en horas de clases y existe la presencia de alumnos, este sistema dará un impacto positivo en el rendimiento del sistema chiller y aunado a eso reducirá el consumo eléctrico desmedido actual producto del encendido absoluto de todas las consolas existentes de los edificios Nro. 1 Nro. 4 y sótano de Arquitectura. Este sistema podrá aportar un control y supervisión total del estado actual de los aires y a futuros proyectos relacionados a este campo de investigación.

**Descriptor:** Automatización, Chiller, Sistema, SCADA.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día no es un secreto para nadie que el consumo eléctrico desmedido producto de la mala implementación de algunos sistemas de refrigeración y otros procesos, están causando un impacto ambiental bastante considerable debido a que carecen de energías renovables siendo así procesos pocos sustentables. Una posible solución para a esta problemática nace del trabajo investigativo presente en este documento, con la intención de mejorar la supervisión, control y adquisición de datos para reducir el consumo eléctrico y a su vez aumentar el rendimiento del sistema chiller ubicado en la Universidad José Antonio Páez. Proceso que consiste en climatizar las aulas de clase con el encendido y apagado de los aires. La investigación necesaria para desarrollar el presente proyecto se llevó a cabo en el campus de la Universidad José Antonio Páez, donde se realizaron estudios y análisis del proceso de refrigeración del sistema chiller con un tipo de investigación documental para la línea de diseño y automatización, directamente en el área de control para el encendido y apagado de las consolas y su respectivo estado actual.

En este orden, el objetivo general del trabajo de grado es desarrollar un Sistema Scada (Supervisión, Control y Adquisición de datos) para el control automático del encendido de los aires acondicionados de la universidad José Antonio Páez.

El presente trabajo de investigación está estructurado en cuatro capítulos, con el fin de cumplir las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez, dichos capítulos se describen a continuación:

**Capítulo I:** referido al problema, su planteamiento el cual se trata de comprobar durante todo el curso de la investigación por medio de los objetivos generales y específicos, así como la justificación del estudio y su alcance.

**Capítulo II:** se hace hincapié en los antecedentes, bases teóricas los fundamentos legales.

**Capítulo III:** Marco Metodológico se plantea la naturaleza de la investigación, la cual, por sus características, se trata de una investigación documental con carácter

descriptivo, de modo que la estrategia metodológica seleccionada sirvió de guía para el desarrollo del trabajo de grado.

**Capítulo IV:** este capítulo se hablará sobre los resultados que se obtuvieron al desarrollar cada una de las fases para poder realizar este proyecto.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Se sabe que uno de los principales causantes de la contaminación ambiental es el consumo desmedido de energía eléctrica para el uso doméstico o industrial. El uso indiscriminado y poco responsable de esta energía ha contribuido a que no podamos disminuir su generación y así ayudar al medio ambiente, sino que más bien tengamos que producir cada vez más energía eléctrica para satisfacer a la población. Es cierto que existen energías renovables, las cuales no generan ningún tipo de contaminación ambiental, pero lamentablemente no son suficientes para abastecer una ciudad o población.

Actualmente, el proceso de encendido/apagado de los aires acondicionados de las aulas de la universidad José Antonio Páez, no está automatizado, son encendidos al comenzar la mañana y son apagados al finalizar el día, estando encendidos más de 12 horas diarias. Debido a esto, no se puede tener un control eficaz del estado de los equipos que deberían mantenerse encendido si solo si se está en horario de clases y exista la presencia de estudiantes, para así garantizar un moderado consumo eléctrico, mejorar el rendimiento del sistema Chiller y a su vez aumentando el tiempo de vida de estos equipos. Realizar el proceso de encendido y apagado en el campus universitario de aires acondicionados es responsabilidad de alumnos, profesores, personal de mantenimiento y en muchas ocasiones el personal de vigilancia, trayendo como consecuencia un mal uso de estos equipos ya que en muchas ocasiones estos se dejan encendidos sin ningún propósito.

### **1.2 Formulación del problema**

El planteamiento antes expuesto, lleva a formular la siguiente interrogante ¿De qué manera se puede mejorar el rendimiento y disminuir el consumo eléctrico de los aires acondicionados de la universidad José Antonio Páez?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar un Sistema Scada (Supervisión, Control y Adquisición de datos) para el control automático del encendido de los aires acondicionados de la universidad José Antonio Páez.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el funcionamiento del sistema Chiller con la evaluación de los recursos de hardware, software y equipos electrónicos tales como sensores, PLC, y otros.
- Diseñar la arquitectura de la programación del PLC para la automatización de los aires acondicionados mediante la metodología del diagrama de escalera.
- Desarrollar el sistema SCADA para la automatización del encendido de los aires acondicionados.

### **1.4 Justificación**

La automatización que se pretende lograr con el sistema SCADA para el control del encendido y apagado de los aires acondicionados y luces de la universidad resuelve el problema de la gran magnitud de consumo eléctrico que tiene la universidad actualmente, repercutiendo de una manera muy positiva en el medio ambiente frenando así su deterioro.

A la Universidad José Antonio Páez le conviene la automatización del proceso actual de climatización de sus aulas de clases, porque así tendrá un control absoluto del buen uso de los equipos que logran estos procesos, y por consiguiente el encender y apagar los aires acondicionados ya no será una responsabilidad de todos si no de un simple operador del sistema SCADA del departamento de mantenimiento.

Esta propuesta permitirá que la Universidad se interese en la aplicación de este tipo de desarrollos en otras áreas, donde haya procesos que involucren el control y monitoreo de encendido y apagado de otros equipos. Y, por ende, propuestas de trabajos para otros compañeros.

### **1.5 Alcance de la Investigación**

La presente investigación tiene como objetivo automatizar el encendido de los aires acondicionados solo de las aulas de clase de los edificios 1, 4 y el sótano de arquitectura

### **1.6 Limitaciones**

Todos los casos de estudio no poseen las mismas limitaciones, cada una de estas prestaran diferentes particularidades, es el tiempo un factor limitante al desarrollo del trabajo, puesto que este no pudo haber sido suficiente para la mayor profundización en el periodo evaluado. Así mismo, pudo haber limitaciones en cuanto a los recursos especialmente financieros para poder desarrollar una investigación más profunda, es importante destacar que anqué se consiguió información relevante para la investigación, la misma fue limitada.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Según Méndez (1998) se define el Marco Teórico como, una descripción detallada de cada uno de los elementos de la teoría que serán directamente utilizados en el desarrollo de la investigación. También incluyen las relaciones más significativas que se dan entre estos elementos teóricos.

A continuación, se presentan varios proyectos o trabajos integradores efectuados en los últimos años, y tomando aportes valiosos para la investigación que pueda brindar cada uno de ellos.

#### **2.1 Antecedentes**

Ramos, Franco (2018) en su proyecto de investigación titulado “**Propuesta de mejora del proceso de distribución de agua mediante la implementación de un sistema automatizado para la empresa colgate-palmolive company**”. Presentado ante la Universidad José Antonio Páez para optar por el título en Ingeniería Electrónica. Este proyecto está planteado para realizar la optimización del bombeo de agua utilizando un sistema automático para mejorar el rendimiento y la eficiencia a la hora de tener que surtir del vital líquido a toda esta área de la ya antes mencionada empresa. Puesto que el sistema no es automático y este presentaba un deterioro bastante notable y muy obsoleto, por lo tanto se propone la implementación de un PLC Siemens s7-300 usando el software especialmente desarrollado para las aplicaciones de programación de controladores lógicos TIA Portal Step 7, con el desarrollo de su respectivo diagrama de escalera y aunado a esto los módulos necesarios para el uso correcto de este sofisticado aparato.

El proyecto se vincula con el actual en función de la selección del PLC que será propuesto y el software de programación del PLC SIMATIC-S7. La elección correcta del software y PLC para la realización del proyecto es esencial, ya que a

través de ella se realiza el control y se maneja la interfaz SCADA y por ello es necesario considerar toda la información disponible y herramientas empleadas que sean los más actualizados posibles.

Por otra parte, Aguilera, P (2002) realizó un trabajo de investigación el cual se tituló “**Programación de PLC**”, para optar al grado de maestro en ciencias de la ingeniería de manufactura con especialidad en automatización en la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. El propósito de esta tesis es el de presentar métodos sistemáticos aprovechando las funciones y posibilidades que ofrecen actualmente los autómatas en comparación a los sistemas clásicos empleados hace unas décadas. Como ejemplo hace hincapié en el diseño mediante los denominados Gráficos Funcionales de Control de Etapas y Transiciones (GRAFCET) que permite con una gran sencillez el desarrollo del proyecto y aprovechamiento de automatismos secuenciales. Hace un análisis de las herramientas por eventos discretos y propone una metodología para el diseño de la automatización de procesos industriales usando para ello lenguajes de programación que se puedan usar en los Controladores Lógicos Programables (PLC).

Dicho trabajo de investigación aportó el procedimiento general para la programación del controlador lógico programable (PLC), además, de la información necesaria para realizar una conexión correcta entre el PLC y la interfaz de hombre máquina (HMI), la cual es necesaria para llevar a cabo este proyecto.

En este mismo orden de ideas, Salazar, R. (2012) en su proyecto de investigación titulado “**Conexión entre PC y PLC usando puerto ethernet**”. Presentado ante la Universidad Técnica Federico Santa María. El propósito de este trabajo es el desarrollo de una conexión Ethernet para establecer comunicación entre un PLC y una PC, los componentes a unir corresponden a: Un computador, un modem, un router, un adaptador Ethernet y finalmente un PLC. El trabajo explica las ventajas de usar comunicación PLC-PC por ethernet y una configuración para una interfaz hombre máquina.

El trabajo expuesto se vincula con la investigación actual ya que aporta el correcto procedimiento que hay que seguir para conectar la computadora con la interfaz hombre máquina y el plc usando ethernet, siendo este uno de los métodos más eficientes y de menor costo.

Por último, Pérez, H. (2015) en tu trabajo titulado “**Simulación y control de la temperatura dentro de un invernadero**” presentado ante la Universidad de la Salle, Colombia. Para obtener el título de Ingeniero Electrónico. En este trabajo se presenta un modelo mejorado mediante una propuesta que incluye el efecto de la humedad sobre la temperatura dentro del invernadero. El cambio de las condiciones atmosféricas durante los ciclos climáticos hace necesario utilizar invernaderos para proteger ciertos cultivos. Esto puede considerarse como un avance en el diseño de modelos de clima de los invernaderos. Se presentan resultados de una simulación llevada a cabo en donde se muestra la eficacia del modelo propuesto.

El trabajo anteriormente expuesto está relacionado con la investigación actual en función de que incorpora nuevas tecnologías que brindan la facilidad y oportunidad de controlar la temperatura y humedad en un cuarto climatizado. El control efectivo de esta variable es de vital importancia ya que la producción está expuesta a los cambios que puedan tener estas variables, y si no se lleva con control constantemente puede ser un pérdida de producción y ganancia para la empresa.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Automatización**

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- **Parte de Mando:** suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro

del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

- **Parte Operativa:** es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

#### **2.2.1.1 Tipos de Automatización**

instalaciones en las que el control manual no es posible. Este tipo de control requiere un operador que inicie cualquier cambio en la posición o condición de funcionamiento de la máquina. En la siguiente figura se muestra un control semiautomático.

**Control Automático:** este control se basa en la realimentación o feedback (medición tomada desde el proceso que entrega información del estado actual de la variable que se desea controlar) cuya característica especial es la de mantener al controlador central informado del estado de las variables para generar acciones correctivas cuando así sea necesario. Este mismo principio se aplica en campos tan diversos como el control de procesos químicos, control de hornos en la fabricación del acero, control de máquinas herramientas, control de variables a nivel médico e incluso en el control de trayectoria de un proyectil militar. El control posee las siguientes características:

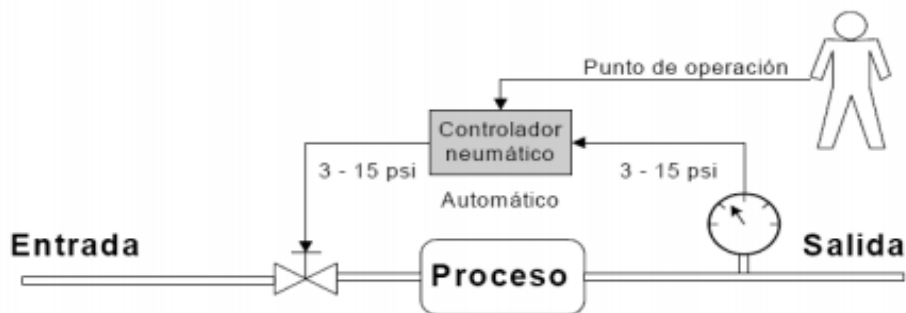
Intervención humana moderada.

Poca capacidad de adaptación

Lazos locales de control.

Alto mantenimiento.

Poca capacidad de supervisión central.



**Figura 2.** Diagrama de control Automático.

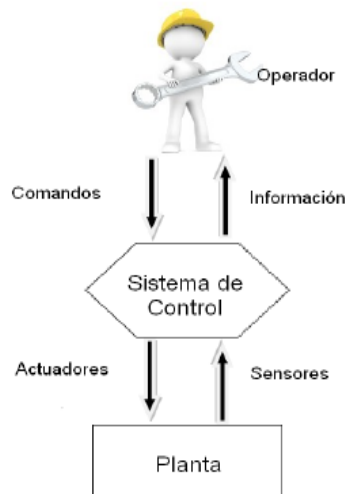
Fuente: <http://www.equitek.com.mx/f/ERM-Enroscados-Tapa-Manual.jpg>

### 2.2.2 Sistemas de Control

En un sistema de aire acondicionado la función primordial de los controles es mantener las condiciones de diseño interior del ambiente (temperatura, humedad); tomando en consideración que el sistema frecuentemente opera a carga parcial, pero es seleccionado para su operación en el día de diseño cuando se tiene la máxima carga térmica en dicho ambiente.

Todo sistema de control tiene 3 partes indispensables: operador, sistema de control y planta. El operador indica los parámetros deseados al sistema de control, con comandos que se transmiten a actuadores que realizan la acción solicitada, es decir, lleva al sistema a los parámetros deseados. El sistema retroalimenta información sobre su estado mediante sensores, con el fin de notificar el valor actual y definir si es necesario corregir algún parámetro o, por el contrario, indicar que se encuentra en el valor deseado. Por último, dicha información es mostrada al operador mediante una HMI.

Dicho proceso se puede ver en la figura 3, y al analizarlo es claro que los sistemas de control buscan automatizar procesos industriales, es decir, se crean algoritmos para realizar tareas que son repetitivas en una planta.



**Figura 3.** Esquema básico de un sistema de control.

Fuente: <http://www.equitek.com.mx/f/ERM-Enroscados-Tapa-Manual.jpg>

### 2.2.2.1 Componentes de un sistema de control

Cada sistema de control tiene los siguientes componentes:

**Variable controlada:** condición como la temperatura o humedad que deberá ser controlada.

**Controlador:** consistente de dos partes básicas, el elemento sensor que recibe la señal externa y el elemento de control o transmisor que compara el valor de la variable controlada con el valor deseado y genera una acción al componente controlado para hacer el ajuste correspondiente.

**Fuente de energía:** medio de potencia para la transmisión de la acción del controlador, puede ser aire comprimido, energía eléctrica, etc.

**Componente controlado:** elemento que recibe la acción del controlador como válvulas, compuertas, motor del ventilador.

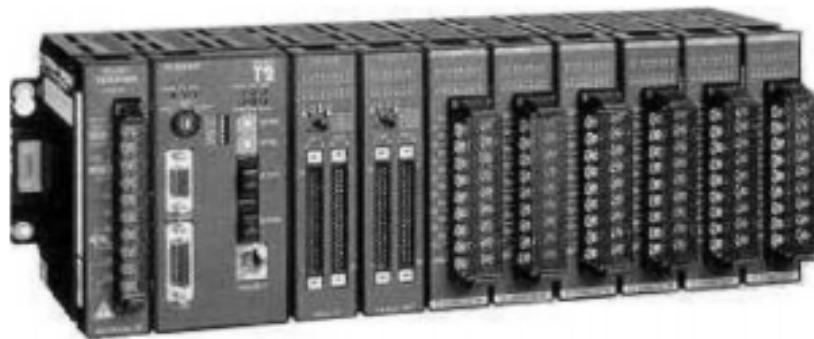
**Agente de control:** medio que regula el componente controlado, como agua circulando por la válvula, aire a través de una compuerta, corriente eléctrica de un motor.

**Equipo de control:** la regulación del agente de control cambia sus condiciones de operación, como el ventilador, serpentín de enfriamiento y deshumidificación, el compresor.

Para el ajuste continuo de la variable controlada, el sistema deberá responder continuamente a la señal de retroalimentación.

### 2.2.3 Controladores lógicos programables (PLC)

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico de estado sólido que puede controlar un proceso o una máquina y que tiene la capacidad de ser programado o reprogramado rápidamente según la demanda de la aplicación. Fue inventado para reemplazar los circuitos secuenciales basados en relés que eran necesarios para el control de las máquinas. El PLC funciona monitoreando sus entradas, y dependiendo de su estado, activando y desactivando sus salidas. El usuario introduce al PLC un programa, usualmente vía Software, lo que ocasiona que el PLC se comporte de la manera deseada.



**Figura 4.** Controlador lógico programable 1.

**Fuente:** <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

Los PLC son usados en muchas aplicaciones: Maquinado de piezas, Embaladoras, Manipulación de materiales, ensamblaje automático, y en general cualquier tipo de aplicación que requiera de controles eléctricos puede usar más bien un PLC.

#### **2.2.3.1 Características de los PLC.**

**Poseen memoria volátil y no volátil:** tanto el programa de aplicación escrito por el usuario como los datos internos del PLC, normalmente es guardado en una RAM (memoria volátil), lo que le permite tener un acceso más veloz a las instrucciones de programa y a los datos internos de registros, contadores, temporizadores, bits internos, etc. También, una vez que se ha depurado el programa de aplicación, los PLC permiten la opción de salvaguardar el programa en memorias tipo EEPROM (no volátiles) para así recuperar el mismo en caso de un corte muy prolongado de energía que ocasiona una pérdida de datos de la RAM.

**Capacidad modular de entradas-salidas:** esto permite la combinación de distintos niveles y tipos de señal de entrada, así como también el manejo de salidas para distintos tipos de carga. Igualmente, si la aplicación crece, y se

requiere mayor número de entradas / salidas, casi sin ningún problema los PLC pueden adecuarse al nuevo requerimiento.

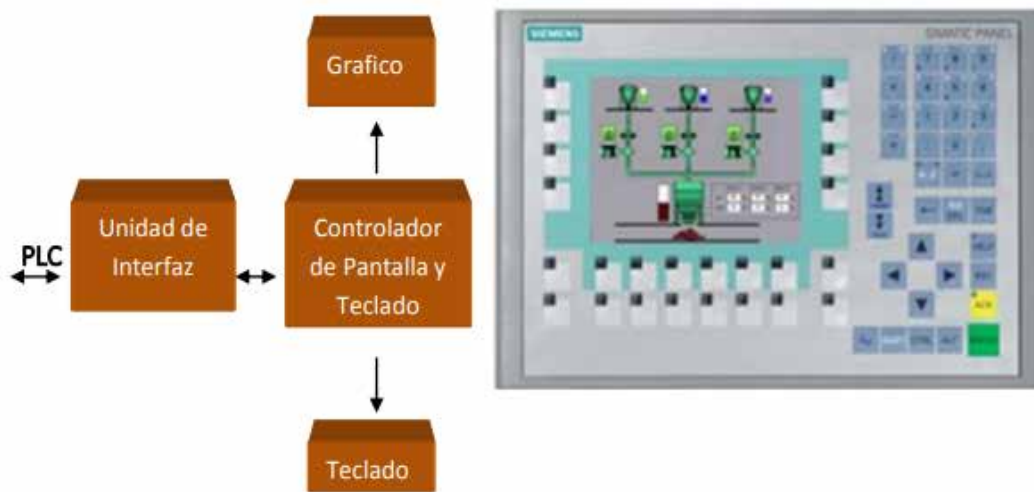
**Auto diagnóstico:** el PLC monitorea el funcionamiento de su CPU, Memoria y circuito de interfaces de entrada y de salida, e igualmente funcionamiento del promedio de led en su cara frontal el estado respectivo. Obviamente esta capacidad es de gran utilidad para efectos de mantenimiento y corrección de fallas.

**Programación de la lógica de control:** esto permite la fácil adaptación a los cambios en la lógica de operación de las máquinas y procesos.

**Capacidad para generar reportes y comunicarse con otros sistemas:** con esta facilidad se pueden integrar interfaces de explotación Hombre-Máquina, sacándole al sistema mayor cantidad de información. Igualmente, los PLC pueden participar en redes de datos comunicándose con otros PLC para formar sistemas de control distribuidos, o integrándose a las redes administrativas de la producción.

### **2.2.3.2 Interfaz HMI de los PLC**

El concepto de visualización surge cuando se comienzan a fabricar máquinas electromecánicas que reciben órdenes de un operador y utilizan interruptores o pulsadores para controlar válvulas lógicas y potenciómetros. Para visualizar variables analógicas se empleaban galvanómetros y para las variables digitales se utilizaban lámparas incandescentes que fueron sustituidas en 1960 por Led. La finalidad de los sistemas de visualización es ver lo que pasa en un proceso, facilitando la extracción de información y el entendimiento de los procesos. Para presentar al operador de una forma amigable y simple los valores de las variables, se implementa una codificación gráfica conocida como HMI, con ellas se pueden realizar varias tareas como monitoreo, supervisión, alarmas, control, históricos.

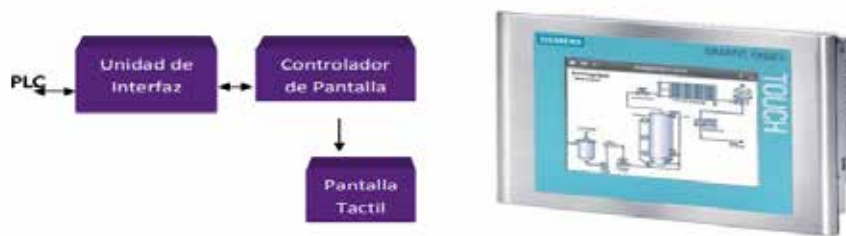


**Figura 5.** Unidades funcionales del PLC

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>.Pag 102

Los equipos que pueden visualizar y controlar un proceso industrial se conocen como Interfaz Hombre Máquina, su utilización se ha vuelto necesaria cuando se requiere modificar parámetros del programa de control y dar órdenes a actuadores, recibir información del estado de las variables, y detectar fallos. Hoy en día contamos con varias formas de realizar un HMI, aquí hablaremos de 2: el panel de operación y la pantalla táctil. Los paneles de operación OP (Operation Panel) está formado por una pantalla gráfica, un teclado de pulsadores de membrana, este par de elementos están gobernados por un procesador (controlador de pantalla y teclado) capaz de acoplarse con un PLC mediante un interfaz, en la figura 6 se puede observar el diagrama de bloques de un OP y una imagen de un OP277B de SIEMENS.

Las pantallas táctiles TP (Touch Panel) cuentan con una pantalla gráfica con sensores sensibles al tacto, por lo que la pantalla tiene la función tanto de entrada como de salida y tiene un controlador de pantalla para manejar dicha dualidad, en la figura 6 se puede observar el diagrama de bloques de un touch panel y una imagen de un TP 177<sup>a</sup> de SIEMENS.



**Figura 6.** Diagrama de bloques de un TP.

**Fuente:** <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/6522/1/20Luis%20Boscan.pdf>

## 2.2.4 PLC Siemens

El uso de controladores de PLC se ha incrementado en la industria, ayudando a la automatización de procesos cada vez más complejos, y con una mínima cantidad de errores. SIEMENS ha desarrollado varias familias de autómatas programables, los primeros fueron la serie S5-100, le siguió la serie S7-200, S7-300, S7-1200 por último la serie S7-400

### 2.2.4.1 Programación de PLC

La norma IEC 1131-3 fue aprobada como estándar internacional para los lenguajes de programación de PLC. Establece como lenguaje de programación de PLC:

LD: Diagrama a contactos o de escalera (Ladder Diagram).

IL: Lista de instrucciones.

FBD: Diagrama de Bloques Funcionales (Function Block Diagram)

ST: Texto Estructurado

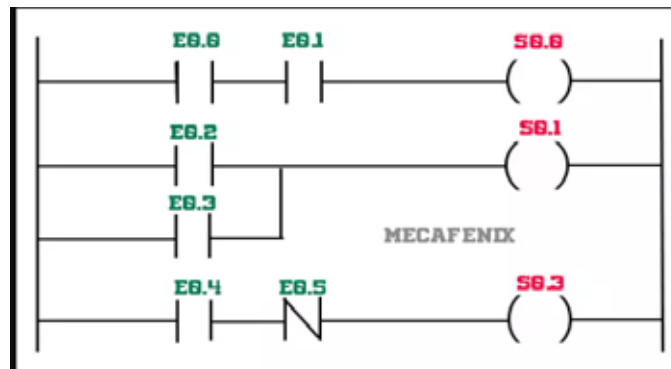
SFC: Carta de Funciones Secuenciales.

### Lenguajes de alto nivel

En esta clase se encuentran los lenguajes gráficos, estos utilizan una interfaz de símbolos para declarar las instrucciones de control, una de las desventajas de estos lenguajes visuales es que la programación está limitada a los símbolos que se proporcionan.

**Diagrama escalera o Ladder:** Este lenguaje fue uno de los pioneros ya que fue uno de los primeros en ser utilizados, ya que se asemeja mucho a los

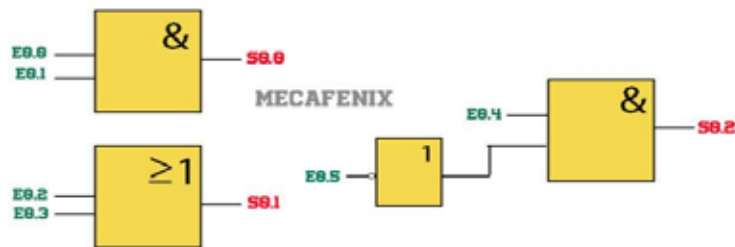
diagramas con relevadores. Se le llama de escalera porque es muy similar a la estructura de una escalera, ya que contiene dos rieles verticales, y varios rieles horizontales (en este caso serían los escalones). Este tipo de diagrama se puede observar en la figura 7.



**Figura 7.** Diagrama escalera o Ladder

Fuente: [http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)

**Diagrama de bloques:** en este tipo de programación se utilizan bloques de símbolo lógicos. Las salidas no se requieren incorporar a una bobina de salida, porque la salida está asignada en las salidas de los bloques lógicos. Estos diagramas en su mayoría son preferidos por personas acostumbrados a trabajar con circuitos de compuertas lógicas, ya que la simbología utilizada es equivalente. Este tipo de diagrama se puede observar en la figura 8.



**Figura 8.** Diagrama de Bloques.

Fuente: [http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)

## **Lenguajes de bajo nivel**

En esta clase se encuentra los lenguajes de programación textual, su programación es a través de texto utilizando cadenas de caracteres para indicar las instrucciones de control.

**Texto estructurado:** el texto estructurado se compone de una serie de instrucciones que se pueden ejecutar, como sucede con los lenguajes superiores, de forma condicionada. Este lenguaje es muy similar al lenguaje C y sobre todo a PASCAL (“IF..THEN..ELSE”) o en bucles secuenciales (WHILE..DO).

**Lista de instrucciones:** este tipo de lenguaje es el más antiguo y es la base para todos los lenguajes de programación que existen, este lenguaje es el precursor del diagrama escalera ya que este se utilizaba cuando las computadoras aún no tenían capacidad gráfica. Todos los lenguajes son traducidos a lista de instrucciones.

### **2.2.4.2 Comunicación entre PLC y HMI**

A lo largo de los años, hemos visto el gran auge tecnológico, esto también estuvo presente en las industrias, lo podemos observar en la evolución de los dispositivos utilizados para llevar el control en ellas y también en el tipo de comunicación que utilizan para lograr esto, a continuación, se explicaran los tres protocolos más utilizados en la industria para hacer la comunicación entre los controladores lógicos programables (PLC) y las interfaces hombre maquina (HMI) en la industria.

#### **Comunicación MPI**

La comunicación tipo MPI (Multi Point Interface) es la interface de comunicación más sencilla que existe entre los autómatas programables, y la más económica, ya que no requiere a diferencia de las otras comunicaciones una tarjeta de comunicación adicional. La comunicación MPI se realiza a través del puerto integrado del PLC. Si queremos realizar la conexión entre un computador con un software de programación y el PLC, se deberá realizar a través del puerto MPI pero por medio de un adaptador. Este adaptador convertirá la señal RS-232 a la interface MPI. Con este

medio de comunicación se puede transferir o acceder a cualquier zona del mapa de memoria del PLC con el que deseamos comunicarnos, y tan sólo es necesario indicar dónde queremos que se nos dejen los datos leídos o cuales es la fuente de datos a enviar.

### **Comunicación PROFIBUS**

Es uno de los buses de campo abiertos que cumple con todos los requerimientos en un rango muy amplio de aplicaciones. Es también la norma de comunicaciones favorita en el continente europeo y presume de tener el mayor número de instalaciones operando en el mundo. Además de ser un sistema abierto, no pertenece a ningún fabricante en particular, está certificado y es a todas luces un producto orientado a satisfacer las necesidades de automatización y control de procesos en las próximas décadas. Es abierto, porque permite que los dispositivos de los diversos fabricantes certificados en este bus se comuniquen entre ellos sin necesidad de utilizar interfaces. Por lo anterior dicho es lo más usado, para la conexión entre los PLCs y los HMIs, por su alta flexibilidad para el uso. De este tipo de comunicación existen tres versiones de este, los cuales poseen diferentes características para poder solventar diferentes problemas.

#### **PROFIBUS-DP**

Está optimizado para ofrecer mayor velocidad, eficiencia y bajo costo de conexiones porque fue diseñado específicamente para establecer la comunicación crítica entre los sistemas de automatización y los equipos periféricos. Velocidades de comunicación de hasta 12 Mb/sg. Esta versión de profibus está diseñada especialmente para comunicación entre sistemas automáticos de control y E/S distribuidos a nivel de campo

#### **PROFIBUS-PA**

Es una red especialmente diseñada para la automatización de procesos, además, permite que sensores y actuadores puedan ser conectados a un bus común en áreas especiales de seguridad. Básicamente, es la aplicación de profibus-DP compatible en comunicación con una tecnología que permite aplicaciones para la automatización de procesos en recintos expuestos al peligro de explosiones.

## **PROFIBUS-FMS**

Este medio de comunicación es la solución de propósito general para tareas de comunicación de nivel de control. Los potentes servicios FMS ofrecen un amplio rango de aplicaciones y proveen gran flexibilidad. También puede ser empleado en comunicaciones extensas y complejas.

### **Comunicación Profinet**

Es un sistema que ofrece todo el potencial que ofrece Ethernet, pero utiliza medidas de seguridad, incluidas las de control de acceso y autenticación, seguridad en la conectividad y administración, a fin de asegurar y garantizar la confidencialidad e integridad de la red y ofrecer datos libres de interferencias. La comunicación Ethernet es un estándar de redes de computadores de área local, o sea de corta extensión. La diferencia entre las comunicaciones anteriormente nombradas radica en la velocidad de transmisión, por una rapidez de transmisión mil veces mayor la opción escogida es Ethernet.

## **2.2.5 Sistema SCADA**

Se da el nombre de SCADA a cualquier software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo:

No se trata de un sistema de control, sino de una utilidad software de monitoreo o supervisión, que realiza la tarea de interface entre los niveles de control (PLC) y los de gestión, a un nivel superior.

### **2.2.5.1 Objetivos**

Los sistemas SCADAS se conciben principalmente como una herramienta de supervisión y comando. Entre sus objetivos podemos destacar:

Economía

Accesibilidad

Mantenimiento

Ergonomía

Gestión

Flexibilidad

Conectividad

El sistema a controlar aparece ante el usuario bajo un número más o menos elevado de pantallas con mayor o menor información. Se pueden encontrar planos, fotografías, esquemas eléctricos, gráficos de tendencia, etc.



**Figura 9.** Representación de un sistema SCADA en una compañía

**Fuente:** [http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)

Flexibilidad

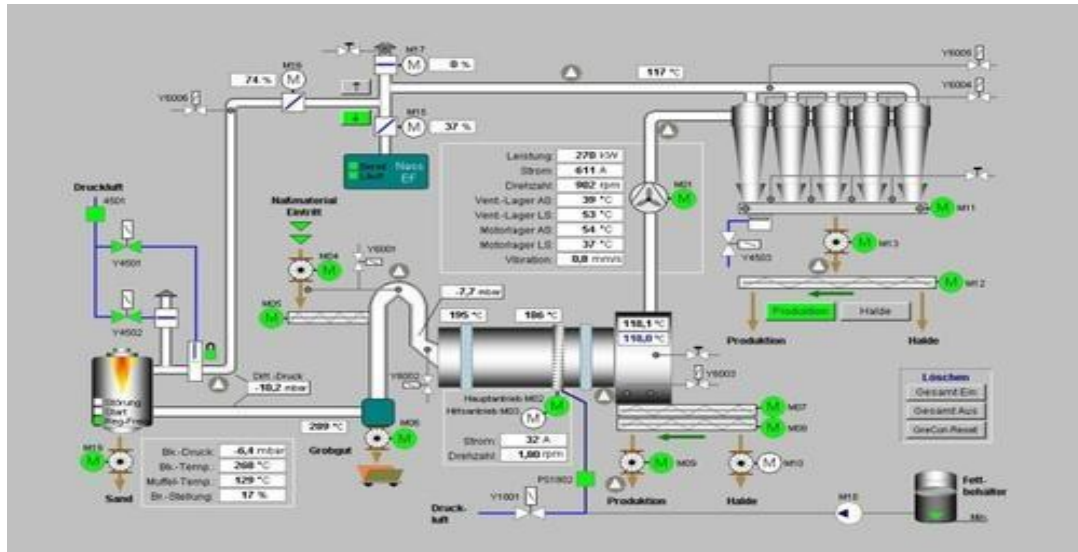
Conectividad

El sistema a controlar aparece ante el usuario bajo un número más o menos elevado de pantallas con mayor o menor información. Se pueden encontrar planos, fotografías, esquemas eléctricos, gráficos de tendencia, etc.

#### **2.2.5.2 Prestaciones**

El paquete SCADA, en su vertiente de herramientas de interfaces Hombre-máquina, comprende toda una serie de funciones y utilidades encaminadas a establecer una comunicación, lo más clara posible, entre el proceso y el operador:

El paquete SCADA, en su vertiente de herramientas de interfaces Hombre-máquina, comprende toda una serie de funciones y utilidades encaminadas a establecer una comunicación, lo más clara posible, entre el proceso y el operador:



**Figura 10.** Interfaz gráfica de un Scada.

Fuente: [http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)

**La monitorización:** Representación de los datos en tiempo real a los operadores de la planta o proceso.

**La supervisión:** supervisión, mando y adquisición de datos de un proceso y herramientas de gestión para la toma de decisiones.

**La adquisición de datos de los procesos en observación:** en un sistema se puede observar mediante herramientas registradoras y obtener así un valor medio guardando los valores obtenidos y evaluándose a posteridad.

**La visualización de los estados de la señal del sistema:** Reconocimiento de eventos excepcionales acaecidos en la planta y su inmediata puesta en conocimiento a los operarios para efectuar las acciones correctivas pertinentes. Además, los paneles de alarma pueden exigir alguna acción de reconocimiento por parte del operador, de forma que queden registradas las incidencias.

**El Mando:** posibilidad de que los operadores puedan cambiar consignas u otros datos claves del proceso directamente desde el ordenador.

**Garantizar la seguridad de los datos:** tanto el envío como la recepción de datos deben de estar suficientemente protegidos de influencias no deseadas, intencionadas o no.

**Garantizar la seguridad en los accesos:** registrando zonas de programa comprometidas a usuarios no autorizados, registrando todos los accesos y acciones llevadas a cabo por cualquier operador.

Cuando se habla de un sistema SCADA no hay que olvidar que hay algo más que las pantallas que nos informan cómo van los procesos en nuestra instalación. Tras estas se encuentran multitud de elementos de regulación y control, sistemas de comunicaciones y múltiples utilidades de software que pretenden que el sistema funcione de forma eficiente y segura.

### **2.2.6 Entorno**

La automatización de sistemas, desde el estado inicial de aislamiento productivo, ha pasado a formar parte del ámbito del corporativo y se engloba dentro del paquete empresarial con la finalidad de optimizar la productividad y la mejor calidad

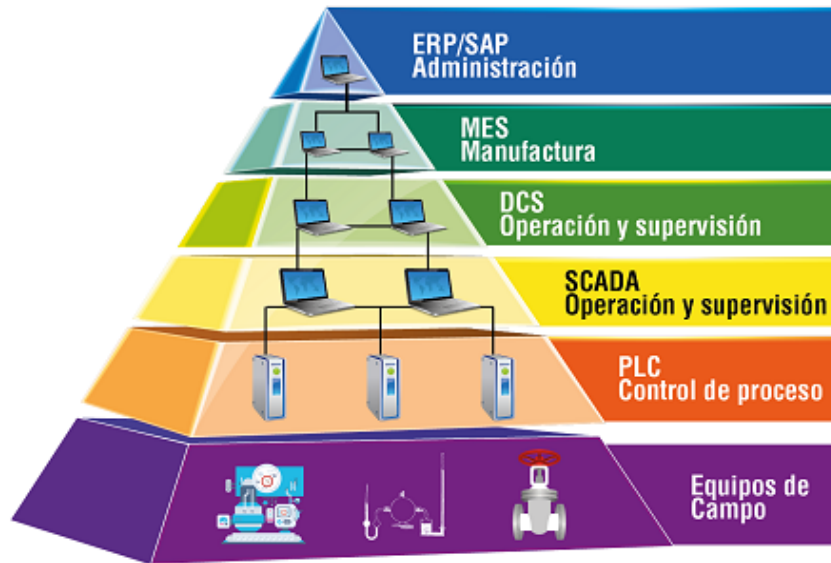
El esquema que representa los flujos de información dentro de la empresa y representa cómo se realiza la integración de todos los niveles es similar a la conocida pirámide de automatización CIM.

Presente la estructura corporativa dividida en tres niveles, que engloban las funciones principales que se desarrollan en cada uno de ellos:

**ERP (Enterprise Resource planning):** engloba la parte de gestión, finanzas, compras ,ventas, logística

**MES (Manufacturing Execution System):** comprende la gestión de calidad, documentación, gestión de producción, mantenimiento y optimización.

**CONTROL:** engloba toda la parte de automatización y control de procesos



**Figura 11.** Pirámide de Automatización.

**Fuente:** [http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)

Estos niveles engloban los diferentes flujos de información que se dan entre los elementos de cada uno de ellos y el intercambio de información que se da entre los diferentes niveles.

La finalidad de este organigrama es disponer de la máxima información posible sobre el estado operativo global de la empresa para planificar las acciones de producción.

Conocer la demanda prevista para planificar la producción a corto, medio y largo plazo y coordinar compras y logística (ERP).

Conocer las existencias de material disponible para aplicar en el proceso productivo y decidir si hay que planificar nuevas compras (MES)  
Gestión de almacén

Coordinar los ciclos de mantenimiento preventivo para conocer la disponibilidad de maquinaria y la capacidad operativa durante el tiempo de producción previsto (MES, mantenimiento)

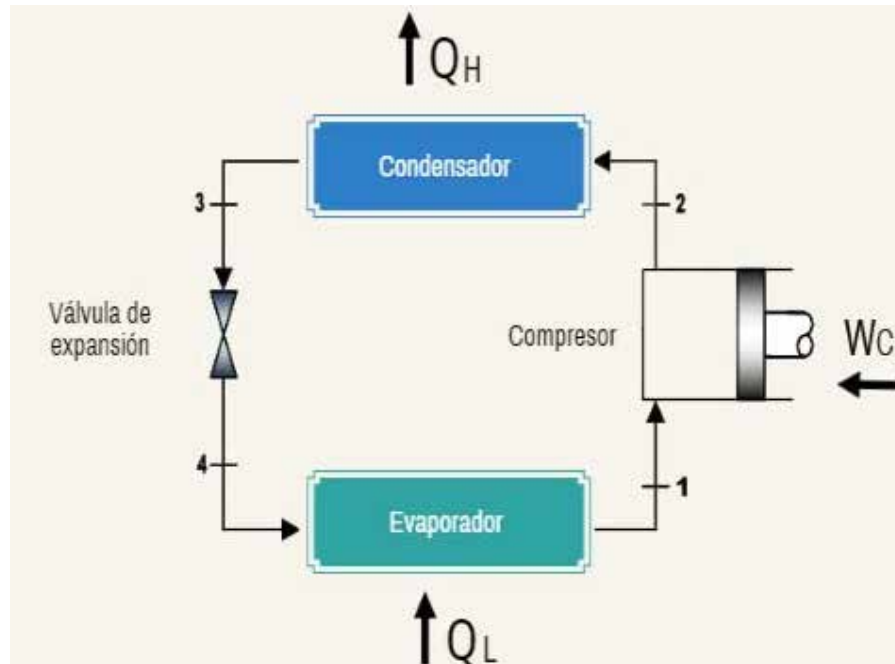
Conocer el control operativo de planta (CONTROL, SCADA)

### **2.2.7 Sistemas de refrigeración**

La refrigeración es el proceso que se emplea en los aparatos de aire acondicionado: consiste en producir frío, o, mejor dicho, en extraer calor ya que para producir frío lo que se hace es transportar calor de un lugar a otro. Así, el lugar al que se le sustrae calor se enfría. Al igual que se puede aprovechar diferencias de temperatura para producir calor, para crear diferencias de calor, se requiere energía. Generalmente la refrigeración por aire acondicionado se produce mediante dos sistemas de refrigeración: por compresión o refrigeración por absorción. Desde el punto de vista de la temperatura, son parámetros importantes:

#### **2.2.7.1 Sistema de refrigeración por compresión**

El sistema convencional de refrigeración y el más utilizado en el aire acondicionado, es el sistema de refrigeración por compresión. Mediante energía mecánica se comprime un gas refrigerante. Al condensar, este gas emite el calor latente que antes, al evaporarse, había absorbido el mismo refrigerante a un nivel de temperatura inferior. Para mantener este ciclo se emplea energía mecánica, generalmente mediante energía eléctrica. Dependiendo de los costos de la electricidad, este proceso de refrigeración es muy costoso. Por otro lado, tomando en cuenta la eficiencia de las plantas termoeléctricas, solamente una tercera parte de la energía primaria es utilizada en el proceso. Además, los refrigerantes empleados hoy en día pertenecen al grupo de los fluoroclorocarbonos, que por un lado dañan la capa de ozono y por otro lado contribuyen al efecto invernadero.



**Figura 12.** Ciclo de refrigeración.

**Fuente:** [http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)

Un ciclo simple de refrigeración comprende cuatro procesos fundamentales

#### **La regulación:**

El ciclo de regulación ocurre entre el condensador y el evaporador, en efecto, el refrigerante líquido entra en el condensador a alta presión y a alta temperatura, y se dirige al evaporador a través del regulador.

La presión del líquido se reduce a la presión de evaporación cuando el líquido cruza el regulador, entonces la temperatura de saturación del refrigerante entra en el evaporador y será en este lugar donde se enfría.

Una parte del líquido se evapora cuando cruza el regulador con el objetivo de bajar la temperatura del refrigerante a la temperatura de evaporación.

#### **La evaporación:**

En el evaporador, el líquido se vaporiza a presión y temperatura constantes gracias al calor latente suministrado por el refrigerante que cruza el espacio del

evaporador. Todo el refrigerante se vaporiza completamente en el evaporador, y se recalienta al final del evaporador.

Aunque la temperatura del vapor aumenta un poco al final del evaporador debido al sobrecalentamiento, la presión se mantiene constante.

Aunque el vapor absorbe el calor del aire alrededor de la línea de aspiración, aumentando su temperatura y disminuyendo ligeramente su presión debido a las pérdidas de cargas a consecuencia de la fricción en la línea de aspiración, estos detalles no se tienen en cuenta cuando uno explica el funcionamiento de un ciclo de refrigeración normal.

#### **La compresión:**

Por la acción del compresor, el vapor resultante de la evaporación es aspirado por el evaporador por la línea de aspiración hasta la entrada del compresor. En el compresor, la presión y la temperatura del vapor aumenta considerablemente gracias a la compresión, entonces al vapor a alta temperatura y a alta presión es devuelto por la línea de expulsión.

#### **La condensación:**

El vapor atraviesa la línea de expulsión hacia el condensador donde libera el calor hacia el aire exterior. Una vez que el vapor ha prescindido de su calor adicional, su temperatura se reduce a su nueva temperatura de saturación que corresponde a su nueva presión. En la liberación de su calor, el vapor se condensa completamente y entonces es enfriado. El líquido enfriado llega al regulador y está listo para un nuevo ciclo.

#### **2.2.7.2 Sistema Chiller**

Se le conoce como Chiller a un sistema de aire acondicionado refrigerado por agua que enfría el aire del interior de un espacio. Este equipo puede enfriar el agua hasta 6°C y es más eficiente que la torre de enfriamiento. Pero su costo es mayor.

Las unidades enfriadoras de líquido o generadoras de agua helada chiller son la solución ideal para cubrir las necesidades de Aire Acondicionado en edificios comerciales, hospitales, universidades, hoteles, instalaciones gubernamentales, etc., ya

que el costo de la energía para generar refrigeración usando otros sistemas de aire acondicionado en los mismos serían bastante altos. Estos equipos tienen la ventaja de llevar el agua refrigerada a las manejadoras a cualquier distancia mediante el bombeo adecuado.



**Figura 13.** Sistema Chiller.  
**Fuente:** Castillo, Fuenmayor (2019)

#### **Aplicaciones.**

Industria Alimenticia  
Aire Acondicionado  
Industria del plástico  
Equipos de Laboratorio

El suministro de agua fría o caliente del aire acondicionado chiller se realiza por medio de una red de tuberías hasta las unidades interiores (unidades terminales ó evaporadoras), que se instalan dentro de cada zona a acondicionar, impulsando el agua con una bomba centrífuga desde la Sala de Máquinas hasta cada unidad interior de aire acondicionado chiller.

Estas unidades terminales de aire acondicionado chiller cuentan, en su interior, con un serpentín de cobre, con aletado de aluminio, por el cual circula el agua, y por

medio de un ventilador silencioso, recircula el aire del ambiente a través del serpentín de la evaporadora, y de esta forma se realiza el intercambio de calor deseado dentro de la habitación. Estos sistemas de aire acondicionado chiller se comandan con un termostato de ambiente individual, el que le da una total independencia de uso del resto del sistema, asegurando el confort deseado y haciendo que sea uno de los sistemas más flexibles de los existentes en el mercado.

El sistema de aire acondicionado chiller tiene la opción de poder tener las evaporadoras a la vista u ocultas, por diseño y gusto del cliente, y, sobre todo, para darle la mejor estética a cada espacio. Una gran ventaja, es que se puede acumular agua fría en tanques, lo que asegura tener la capacidad necesaria, en los momentos de mayor requerimiento, y además, bajar la capacidad a instalar, llegando a instalar un 70/75% de la potencia instalada en sistemas por expansión directa (aire acondicionado tradicional).

En definitiva, el sistema de aire acondicionado por agua es uno de los más eficientes que se pueden instalar y es de suma importancia en la industria alimentaria, en la ingeniería de proceso, y en la climatización, usándose mucho en grandes edificios, restaurantes, hoteles, departamentos, oficinas o construcciones con poco espacio en plafones (entre cielorraso y fondo de losa), que impide la instalación de ductos de aire de gran tamaño.

### **2.3 Definición de términos**

**Automatizar:** Automático o mecanizado nuestros movimientos y acciones, el trabajo y la producción en general.

**Base de datos:** Conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso.

**Controladores:** Dispositivos electrónicos con fin de lograr que una máquina o dispositivo funcione mediante mandos.

**Interfaz:** Es el mecanismo o herramienta que posibilita esta comunicación mediante la representación de un conjunto de objetos, iconos y elementos gráficos que

vienen a funcionar como metáforas o símbolos de las acciones o tareas que el usuario puede realizar en la computadora.

**PLC:** Controladores lógicos programables.

**Proceso:** Conjunto de fases sucesivas de un fenómeno o hecho complejo.

**Programación:** la programación refiere a la acción de crear programas o aplicaciones, a través del desarrollo de un código fuente, el cual se basa en el conjunto de instrucciones que sigue el ordenador para ejecutar un programa.

**Sistema:** Conjunto de cosas ordenadas y relacionadas entre sí. Método o grupo de órganos que regulan una función.

**Software:** está compuesto por un conjunto de programas que son diseñados para cumplir una determinada función dentro de un sistema, ya sean estos realizados por parte de los usuarios o por las mismas corporaciones dedicadas a la informática.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El marco metodológico de la investigación se puede definir como la explicación de los mecanismos que se utilizan para analizar la problemática de la investigación. Arias, F. (2012), según el marco metodológico expresa que: “La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “cómo” se realizará el estudio para responder al problema planteado.” (pág. 110).

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Con respecto al tipo de investigación, Tamayo, M (2003) expresa sobre la investigación descriptiva “Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta.”

Según el autor Arias, F. (2012): “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. (pag.24).

En relación con lo expresado anteriormente, se dice que la presente investigación puede calificarse como documental – descriptiva, pues constituye un estudio sistemático de investigaciones previas ya comprobadas, y a su vez, se realiza bajo el esquema de un proyecto factible, cuyo enfoque se centra en la posibilidad de llevar teorías generales al ámbito práctico, y cuyo esfuerzo se destina a la

implementación de propuestas, que pueden materializarse y brindar soluciones a problemas que se plantean en la sociedad.

### **3.2. Nivel de la Investigación**

El nivel de investigación se refiere según Arias, F (2012) “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno”. Así pues, el nivel de investigación establece hasta qué punto se llevará a cabo el estudio del tema o problema planteado. Tomando en cuenta el tipo de investigación, se conocerá el nivel en el cual se basa todo el estudio. También el nivel permite saber qué factores tienen que intervenir para el desarrollo de toda la investigación.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, el nivel de investigación que se emplea es Exploratoria, definido por el autor Arias, F (2012) como “la investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto es decir un nivel superficial de conocimientos.

### **3.3. Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es el conjunto de directrices que toma el investigador con el fin de observar, analizar y plantear una solución de ser posible a la problemática objeto de la investigación. Según el autor (Santa Palella y Feliberto Martins (2010)), define: El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa. (pag.86). Según el autor [Santa Palella y Feliberto Martins (2010)], define: La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables

debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta.  
(pag.88)

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1. Población**

La población es todo individuo de características considerables en las estadísticas de una investigación. Arias, F. (2012), realiza la siguiente definición:

“La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.”  
(pág. 81).

En el presente trabajo de investigación, la población influyente se refleja en la fuente primaria que manejan y/o administran el sistema Chiller y de aires acondicionados de la Universidad José Antonio Páez, así como también el personal de sistema el cual proporcionará la base de datos de los horarios de clase.

#### **3.4.2. Muestra**

La muestra es todo aquel subconjunto considerado en una determinada población, a la cual se aplicará la posterior técnica de recolección de datos. Según Arias, F. (2012), expresa que: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. (pág. 83).

Por consiguiente, se da a entender que, la muestra de la investigación presente será considerada una muestra finita, ya que, se limita personas que encabezan el departamento de mantenimiento capaz de operar el Chiller y el sistema Scada, que a su vez conforman la población de esta investigación.

### **3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1. Técnicas de recolección de datos**

Es el medio por el cual el investigador facilita la recolección de datos, valiéndose del mismo para obtener la información necesaria. Hurtado, J. (2010), concluye que:

“Los aspectos metodológicos se desarrollan a lo largo del marco metodológico y se evidencian en las técnicas utilizadas para la recolección de datos y para el análisis de resultados... Las técnicas son modos específicos de hacer algo. Por ejemplo, algunas técnicas de recolección de datos son la entrevista y la observación”. (pág. 105 y 110).

La presente investigación, tiene como técnica la entrevista estructurada, la cual, según Arias, F. (2012) define que:

“Es la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado. En este caso, la misma guía de entrevista puede servir como instrumento para registrar las respuestas, aunque también puede emplearse el grabador o la cámara de video”. (pág. 73).

Por ello, es importante destacar que los investigadores utilizarán la entrevista estructurada como técnica de recolección de datos, seleccionando la muestra finita antes planteada, para así aplicar la misma, obteniendo entonces los resultados que se desean lograr.

De igual forma, la observación directa es un método por el cual el investigador se vale para obtener, tal y como lo dice su nombre, la información directa del análisis que se desea desarrollar. Hurtado, J. (2010) cita: “La observación directa y natural de los hechos es el punto de partida del método del empirismo. Según Bacon esta observación debe hacerse dejando de lado los prejuicios, a los que este autor llamó idola”. (pág. 112).

El presente trabajo de investigación se vale de la observación directa, específicamente en las aulas y áreas donde se encuentran los equipos Chiller para obtener rápidamente la información requerida con el deseo de lograr el objetivo de la investigación.

### **3.5.2. Instrumentos de recolección de datos**

Un instrumento sirve como recurso material que se relaciona con el individuo al cual se le hace el análisis. Para Arias, F. (2012), los instrumentos: “Son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas,

formatos de cuestionario, guía de entrevista, lista de cotejo, escalas de actitudes y opinión, grabador, cámara fotográfica o de video, etc.”. (pág. 111)

En la presente investigación, tiene como instrumento de recolección de datos la ficha de registro de información que será diseñada por los autores. Esta ficha será diseñada tomando en consideración los objetivos de la investigación, a su vez estará constituida por preguntas cerradas, dicotómicas. Cabe destacar que dicho instrumento será empleado a la muestra determinada.

### **3.6 Fases de la Investigación**

**Fase I:** “Diagnosticar el funcionamiento del sistema Chiller con la evaluación de los recursos de hardware, software y equipos electrónicos tales como sensores, PLC, y otros.”.

Actividades:

- Se realiza la evaluación y observación directa en el sistema Chiller.
- Se toma lista de las características actuales que posee el sistema Chiller.
- Se realiza la revisión documental del funcionamiento del sistema Chiller.

**Fase II:** “Diseñar la arquitectura de la programación del PLC para la automatización de los aires acondicionados mediante la metodología del diagrama de escalera.”.

Actividades:

- Mediante la información obtenida, se realiza la selección de automatización para dicho proceso, para que sea posible su futuro desarrollo.
- Se evalúa la factibilidad del tipo de automatización para que sea posible su futuro desarrollo.
- Se realiza el diagrama de escalera de la programación del PIC.

**Fase III:** “Desarrollar el sistema SCADA para la automatización del encendido de los aires acondicionados.”.

Actividades:

- Se realiza investigación mediante la web, tomando referencias e información acerca de los tipos Software disponible.

- Se propone el tipo de software a utilizar teniendo en cuenta características favorables, que a su vez concuerdan con la idea principal del automatizado.
- Se desarrolla el programa capaz de obtener la base de datos de los horarios de la universidad José Antonio Páez.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Fase I: Diagnosticar el funcionamiento del sistema Chiller con la evaluación de los recursos de hardware, software y equipos electrónicos tales como sensores, PLC, y otros**

##### **4.1.1 Observación directa.**

El funcionamiento del sistema Chiller en la Universidad José Antonio Páez es aquel donde los aires acondicionados son refrigerados por agua, el cual se encarga de enfriar el aire del interior de un espacio que en el caso planteado son los salones pertenecientes a cada edificio de la Universidad. Siendo más específicos el principio de funcionamiento de sistema se basa en el ciclo de Carnot, el cual está forzando a un refrigerante a evaporarse por medio de una baja de presión en el evaporador y tomar el calor del agua con el que tiene un contacto indirecto produciéndose allí el enfriamiento del agua. El agua sigue su recorrido, mientras que el refrigerante en estado de vapor es comprimido pasando nuevamente a estado líquido gracias al compresor, liberando así el calor que sustrajo en el evaporador saliendo al ambiente por medio de unos ventiladores que fuerzan al aire a intercambiar calor con el refrigerante.

En la figura 14 se puede observar el sistema Chiller que se encuentra en la Universidad José Antonio Páez, la cual están los enfriadores que utilizan el agua para condensar el refrigerante, en vez de usar un serpentín como es usualmente, éstos utilizan un intercambiador de calor placas o casco y tubos de flujo contracorriente, por un lado del intercambiador ingresa el refrigerante y en otro lado circula el agua, y el calor del refrigerante pasa agua la cual se debe enfriar para retornar al condensado, luego de tener el aire enfriado este mismo para al interior de cada salón que se encuentre en la Universidad.



**Figura 14.** Sistema Chiller de la Universidad José Antonio Páez.  
**Fuente:** Castillo, Fuenmayor (2019)

## **4.1.2 Revisión documental del funcionamiento del sistema Chiller**

### **4.1.2.1 Sistema Chiller**

La traducción literal de la palabra “Chiller” es “enfriador”, sin embargo, técnicamente, un Chiller es una unidad de refrigeración, considerado un sistema utilizado para acondicionar grandes instalaciones, sobre todo las que necesitan al mismo tiempo climatización y aguas calientes sanitarias como hoteles y hospitales.

Los Chillers pueden ser climatizadores por agua o aire, los de agua incorporan torres de enfriamiento las cuales optimizan la termodinámica del equipo en comparación con los de aire.

Los Chillers como otras unidades de expansión directa se ubican en el exterior de los edificios, mientras que en el interior del mismo se colocan unidades termo ventiladas llamadas FAN-COIL. El líquido tratado en la unidad exterior circulará impulsada por la bomba a todas las unidades FAN-COIL disponibles utilizando el agua que circula por él, para que por medio de ventiladores proporcionen aire al ambiente según sea la demanda.

Los Chillers se presentan en diferentes tamaños y formas, dependiendo del fabricante, con capacidades que van de una a varias Toneladas de Refrigeración (TR).

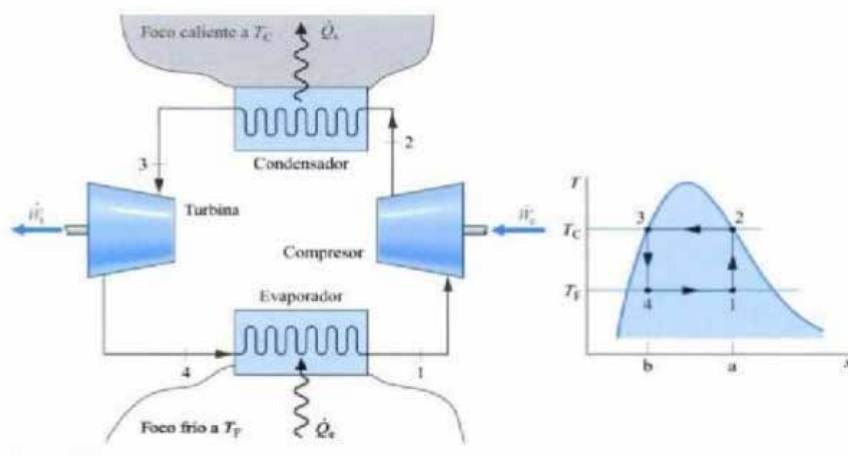
Se emplean diferentes tipos de compresores de refrigeración como pueden ser del tipo semi-hermético, hermético o de tornillo. Los evaporadores suelen ser del tipo casco y tubo, aunque pueden ser también de placas, todo dependerá de la aplicación.

Las industrias de refrigeración se encuentran inmersas a varias aplicaciones entre las que más se destacan son:

- Hotelería.
- En industrias de tratamientos de aguas.
- En la inyección o soplado en las industrias del plástico.
- En torres de enfriamiento.
- En la industria alimenticia, como la pasteurización de productos lácteos.
- En las industrias vinícolas, para la fermentación de vinos.
- En la industria de petroquímica (Carrier).

#### 4.1.2.2 Principio de funcionamiento del sistema Chiller

El principio de funcionamiento del sistema Chiller es aquel en el cual su ciclo de refrigeración se lo conoce como ciclo inverso de Carnot o bomba de calor de Carnot. Esta máquina opera entre un foco que posee una temperatura menor  $T_f$  y un foco a temperatura mayor  $T_c$ , el ciclo lo realiza un refrigerante que circula con fluido estacionario a través de una serie de equipos.



**Figura 15.** Ciclo de CARNOT

**Fuente:** <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

Los principales componentes de un sistema sencillo de refrigeración por compresión mecánica de vapor son como se muestran en la figura 15. Como el refrigerante fluye a través de estos componentes de sus cambios de fase de líquido a gas y luego de nuevo a líquido. El flujo de refrigerante se puede examinar mediante el trazado de la ruta del refrigerante). En la ubicación D, justo antes de la entrada a la válvula de expansión, el refrigerante está en un estado de líquido saturado que está en cero grados centígrado por debajo de su temperatura de condensación. La válvula de expansión separa la región de alta presión de la región de baja presión. Luego pasar a través de la válvula de expansión, el refrigerante experimenta una caída de presión acompañada por un descenso de temperatura debido a caída de presión.

Algunos de refrigerantes líquidos cambian a gas. La mezcla de gas - líquido que sale de la válvula de expansión se denomina "flash gas". La mezcla de líquido - gas entra en los serpentines del evaporador en la ubicación E. En el evaporador, el refrigerante se evapora completamente al gas mediante la aceptación de calor desde el medio que rodea a las bobinas del evaporador. Los vapores saturados pueden llegar a una etapa sobrecalentada debido a la ganancia de calor adicional de entorno.

Los vapores saturados o sobrecalentado entran en el compresor en la ubicación A, donde el refrigerante se comprime una alta presión. Este vapor de refrigerante será lo suficientemente alto como para permitir la condensación del refrigerante a una temperatura ligeramente superior a los disipadores de calor comúnmente disponibles, tales como el aire ambiente. En el interior del compresor, el proceso de compresión de los vapores se produce a entropía constante (llamado un proceso isotrópico). A medida que la presión del refrigerante aumenta, la temperatura aumenta, y el refrigerante se convierte en sobrecalentado como muestra por la ubicación B. Los vapores sobrecalentados se transportan a un condensador, ya sea éste condensado por aire o un condensador por agua, las descargas de refrigerante calor a los medios circundantes. El refrigerante se condensa de nuevo al estado líquido en el condensador, como se muestra por ubicación D. Después la totalidad refrigerante que ha sido convertido en líquido saturado, la temperatura del refrigerante puede disminuir por debajo de su temperatura

de condensación debida al calor adicional descargada a los medios que lo rodea. El líquido puede ser subenfriado o saturado que entra en la válvula de expansión y el ciclo continúa.

#### 4.1.2.3 Elementos básicos del Sistema Chiller

- **Compresor:** encargado de hacer circular al refrigerante a los diferentes componentes del chiller, succiona el gas refrigerante sobrecalentado a baja presión y temperatura, lo comprime aumentándolas a tal punto que es capaz de condensar, a través de las líneas de descarga de gas caliente, fluye el gas refrigerante a alta presión y temperatura hacia la entrada del condensador.
- **El evaporador:** es un intercambiador de calor del tipo casco y tubo su función es proporcionar una superficie para transferir calor del líquido a enfriar al refrigerante en condiciones de saturación. Mediante la línea de succión fluye el gas refrigerante como vapor a baja presión proveniente del evaporador a la succión del compresor es el componente del sistema de refrigeración donde se efectúa el cambio de fase del refrigerante. Es aquí donde el calor del agua es transferido al refrigerante, el cual se evapora al tiempo de ir absorbiendo el calor.
- **El condensador:** es el componente del sistema que extrae el calor del refrigerante y lo transfiere al aire o agua. Esta pérdida de calor provoca que el refrigerante se condense. Su función es proporcionar una superficie de transferencia de calor, a través de la cual pasa el calor del gas refrigerante caliente al medio condensante. Mediante la línea de líquido fluye el refrigerante en estado líquido a alta presión a la válvula termostática de expansión. Los condensadores suelen ser de tres tipos: enfriados con aire, enfriados con agua o evaporativos (agua y aire).
- **Válvula termostática:** su finalidad es controlar el suministro apropiado del líquido refrigerante al evaporado, así como también reducir su presión de tal manera que vaporice a la temperatura deseada.

- **Dispositivos y controles:** consisten en dispositivos que se le instalan al chiller con el fin de conocer y controlar variables como temperaturas, presiones, voltajes etc., siendo los principales:
- **Los termostatos:** son dispositivos que actúan para conectar o interrumpir un circuito en respuesta a un cambio de temperatura, instalados en esta unidad, cierran un circuito (conectan) con un aumento de temperatura y lo interrumpirían (desconectarán) con un descenso de temperatura.
- **El presostato de baja presión:** se conecta en la succión del compresor y éste opera abriendo el circuito, cuando existe una baja presión en el sistema, ya sea por una baja de temperatura en el fluido, actuando como control de seguridad, por falta de refrigerante o por alguna obstrucción en la línea de líquido o de succión.
- **El presostato de alta presión:** actúa abriendo el circuito como un dispositivo de seguridad al incrementar la presión a un nivel arriba de lo normal, este dispositivo es de restablecimiento manual. El disparo de alta presión puede ocasionarse por obstrucción en el condensador, altas temperaturas en el área de enfriamiento, mal funcionamiento de los abanicos, desajuste en la válvula de expansión, obstrucción en la línea de líquido, etc.
- **El calefactor de Carter:** tiene por objeto calentar el aceite del compresor para que al iniciar la operación éste tenga las condiciones correctas de viscosidad. Al detener el compresor el calefactor se energiza, evaporando cualquier vestigio de refrigerante líquido en el carter, al arrancar la unidad se desenergiza automáticamente.
- **El Filtro deshidratador de Succión:** se encuentra instalado en la línea de succión y tiene por objeto absorber cualquier humedad que contenga el refrigerante, así como detener cualquier partícula extraña que viaje al compresor.
- **El Filtro deshidratador de Líquido:** se encuentra instalado en la línea de

líquido y tiene por objeto absorber cualquier humedad que contenga el refrigerante, así como detener cualquier partícula extraña que viaje al compresor.

- **El Indicador de líquido o cristal mirilla:** instalada también en la línea de líquido, permite verificar visualmente que el sistema tenga su carga completa de refrigerante, así como verificar que el refrigerante se mantenga seco.
- **El circuito de control:** se encarga de controlar los paros y arranques de los motores del “chiller”, así como de las señales de alarma. Las líneas y accesorios de refrigeración conducen el refrigerante de un componente a otro del sistema de refrigeración, regulando, filtrando y controlando el paso del refrigerante.
- **El Gabinete:** encierra y protege los componentes de control y es el soporte de todos los componentes del equipo.
- **El refrigerante** extrae el calor del medio a enfriar y lo disipa en un medio enfriante como agua o aire.

#### 4.1.2.4 Tipos de Chiller

Según clima proyectos dicen que existen dos tipos dos de enfriadores: Por aire y agua.

- **Enfriadores por aire:** En el circuito de refrigeración se condensar el refrigerante antes de ser enviado a la válvula de expansión, el refrigerante que circula por medio de los serpentines del condensador es enfriado con ayuda de un ventilador de flujo forzado de aire. Estos chiller con condensadores enfriados por el aire son instalados en el exterior y no en lugares cerrados.
- **Enfriadores por agua:** Estos enfriadores utilizan agua para condensar el refrigerante, en vez de serpentín como el caso del enfriador anterior, éstos utilizan un intercambiador de calor placas o casco y tubos de flujo contracorriente, por un lado, del intercambiador ingresa el refrigerante y en otro lado circula el agua, calor del refrigerante pasa agua la cual se debe enfriar para

retornar al condensador. El agua se enfría en una torre de enfriamiento y su instalación se la debe hacer en el interior, en cuartos de máquinas.

#### **4.1.2 Evaluación de los equipos de hardware.**

Entorno al diagnóstico de cuál es el PLC más adecuado para el proyecto de investigación planteado, se deben considerar ciertas variables las cuales intervienen a lo largo de todo el proceso, dichas variables son de diferentes características ya que algunas de ellas son variables provenientes de señales digitales el cual solo pueden tomar dos valores los cuales estos son tomados como “1” y “0”, en la practica el “1” es considerado con un valor de voltaje, que está establecido en la automatización industrial como un valor de 24V, por otro lado, el “0” se considera con un valor nulo de voltaje lo cual es 0V. Este tipo de señal es recibida de distintos dispositivos como lo es un sensor de movimiento el cual es utilizado en el proyecto como una señal de entrada.

Ya explicado cómo puede servir una señal digital de entrada, esta misma señal digital también puede utilizarse como salida, lo cual es el tipo de señal más utilizada para realizar el control automático del encendido y apagado de los aires acondicionados siendo 1 como el encendido del aire acondicionado y 0 apagado del equipo.

Ya conociendo las características de los tipos de variables que intervienen a lo largo del proceso, se procede a evaluar la cantidad de variables de cada tipo, que son necesarias para realizar el control automático de los aires acondicionados continuación, se enumerarán la cantidad de variables digitales que intervienen a lo largo de todo el proceso.

Siendo el control automático de los aires acondicionados la cual comprende los edificios de Arquitectura, edificio 1 y edificio 4

#### **Entradas**

- Edificio 1: 75 entradas digitales provenientes del sensor de movimiento.
- Edificio 4: 213 entradas digitales provenientes del sensor de movimiento.
- Edificio 2 (Arquitectura): 30 entradas digitales provenientes del sensor de movimiento.
- 2 entradas digitales indicando el modo automático o manual del sistema.

## **Salidas**

- Edificio 1: 75 salidas digitales para el apagado y encendido de los aires acondicionados.
- Edificio 4: 213 salidas digitales para el apagado y encendido de los aires acondicionados.
- Edificio 2: 30 salidas digitales para el apagado y encendido de los aires acondicionados.

Atendiendo a estas consideraciones, se concluye que en el sistema planteado existen un total de 320 entradas digitales y 318 salidas digitales.

Una vez ya es conocido el número exacto de variables de entrada y de salida, digitales, es posible diagnosticar cual es el PLC, más a adecuado para el sistema de control y apagado de los aires acondicionados de la universidad, y la opción más viable a utilizar es el SIEMENS S7-300, ya que este PLC ofrece una gran cantidad de funciones útiles que será requeridas en el sistema ha automatizar.

### **4.1.2.1 PLC Simatic S7-300**

Este autómata de SIEMENS ideado especialmente para aumentar la cadencia y disminuir sensiblemente los tiempos de ciclo, respuesta y aumentar la calidad del proceso, opera más allá de los límites de prestaciones anteriores, asegurando la adquisición y tratamiento de señales (analógicas o digitales) a cualquier velocidad y en cualquier forma en que se presenten, de allí que es ideal para usarlo en maquinarias de embalaje y en máquinas herramientas, sector agroalimentario o en industria química o farmacéutica. Posee una CPU cuya velocidad es 100 veces mayor a las convencionales (la más potente de sus 5 CPU no necesita más de 0,3 ms para ejecutar 1024 instrucciones binarias y no mucho más al procesar palabras), una Memoria de programa de 16K instrucciones de capacidad máxima, 1024 entradas y salidas digitales y 32 módulos dentro de un solo sistema (para tareas especiales se ofrecen módulos específicos), alta potencia de cálculo con hasta aritmética de 32 bits en coma flotante e interfaces multipunto o puerto MPI. Pequeño, extremadamente rápido y universal son las características más importantes de éste PLC, además de su modularidad, sus

numerosos módulos de extensión, su comunicabilidad por bus, sus funcionalidades integradas de visualización y operación, así como su lenguaje de programación bajo entorno Windows 7, 32 BIT.



**Figura 16.** PLC S7 300

**Fuente:** <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

El PLC Simatic S7-300 consta de los siguientes componentes:

- Unidad central de procesamiento (CPU), que constituye el "cerebro" del sistema y toma decisiones en base a la aplicación programada.
- Módulos para señales digitales y analógicas.
- Procesadores de comunicación (CP) para facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina o entre máquinas. Se tiene procesadores de comunicación para conexión a redes y para conexión punto a punto.
- Módulos de función (FM) para operaciones de cálculo rápido.

Existen otros componentes que se adaptan a los requerimientos de los usuarios:

- Módulos de suministro de energía.
- Módulos de interfaces para conexión de racks múltiples en configuración multi-hilera.

En los módulos de entradas pueden ser conectados:

- Sensores inductivos, capacitivos, ópticos.
- Interruptores.
- Pulsadores.
- Llaves.
- Finales de carrera.
- Detectores de proximidad.
- Sensores de movimiento.

En los módulos de salidas pueden ser conectados:

- Contactores.
- Electroválvulas.
- Variadores de velocidad.
- Alarmas.

### **Tamaño del PLC S7-300**

El tamaño de la CPU (independientemente del modelo) es de 80 mm de largo, 125 mm de alto y 130 mm de profundidad. En cuanto a los módulos, sus medidas son 40 mm x 125 mm x 130 mm, respectivamente. Además, el S7-300 requiere una alimentación de 24 VDC. Por esta razón, los módulos (fuentes) de alimentación de carga transforman la tensión de alimentación de 115/230 VAC en una tensión de 24 VDC. Los módulos de alimentación se montan a la izquierda junto a la CPU.

#### **4.1.2.2 Descripción de los 5 Módulos Centrales**

El sistema modular comprende de cinco CPU para distintas exigencias, módulos de entradas y salidas analógicas y digitales, módulos de función de contaje rápido, posicionamiento de lazo abierto y lazo cerrado, así como módulos de comunicación para el acoplamiento a redes en bus. La CPU más potente puede tratar 1024 instrucciones

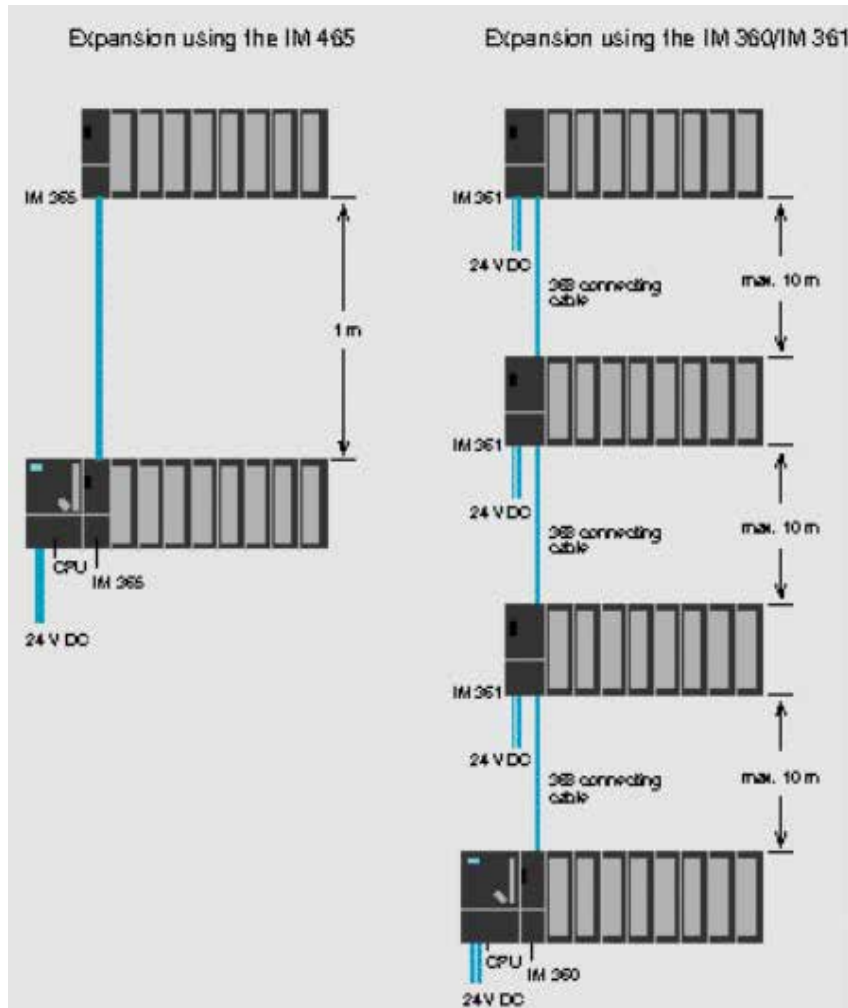
binarias en menos de 0,3 ms. Pero como las instrucciones puramente binarias constituyen más bien la excepción, tenemos que mencionar los tiempos de ejecución de las instrucciones mixtas: 65% de instrucciones con bits y un 35% con palabras, el más rápido de los autómatas puede con 1K en sólo 0,8 ms. Otro detalle es la simplicidad de diagnóstico. Los datos de diagnóstico de todo el autómata están fijamente almacenados en la CPU (hasta 100 avisos). Estos datos pueden consultarse centralizadamente en la CPU, ya que todos los módulos relevantes son accesibles vía interfaces MPI de ésta, lo que permite ahorrarse gastos suplementarios y evita molestas manipulaciones de conectores. En una configuración de PLC en red, el puesto central de mando puede acceder directamente a cualquier CPU y a cualquier módulo de función, a cualquier panel de operador y a cualquier procesador de comunicaciones de la red, todo ello sin hardware ni software adicional. El sistema de diagnóstico inteligente de la CPU se activa al reemplazar un módulo: se encarga de verificar si la configuración del autómata es aún compatible y evita así funcionamientos anómalos en la instalación, incluso la destrucción de módulos. Además, realiza automáticamente el registro de la hora y la memorización de los fallos, contribuyendo así a un diagnóstico rápido y puntual a posterior, cuando ya no se manifieste más el defecto o cuando éste sea de naturaleza esporádica. Si nombramos sus características generales, tenemos:

- Los cinco ofrecen hasta 2048 marcas, 128 temporizadores y 64 contadores.
  - Según el tipo de CPU, una parte de ellos o su totalidad puede hacerse remanente, es decir, no volátil.
  - La salvaguarda y gestión de datos está asegurada por una memoria especial exenta de mantenimiento y que funciona sin pila (depende del tipo de CPU).
1. **CPU 312 IFM:** este es capaz de procesar 1024 instrucciones binarias en 0,6 ms. Es la solución óptima para aplicaciones que requieren funciones simples como conteo y medición de frecuencias. Para tareas sencillas no hay más que usar la función Contador con dos canales para contar atrás y adelante (el contador puede contar señales de hasta 10 Khz y tiene un ancho de banda de 32 bits). Puesto que

ésta CPU lleva incorporada una memoria para el programa de usuario, (E) EPROM y dispositivos de respaldo sin pilas, no necesita mantenimiento alguno.

2. **CPU 313:** es similar al CPU 312 IMF con la diferencia de que tiene el doble de memoria. Además, permite guardar el programa en una Memory Card, con lo cual este autómata tampoco requiere mantenimiento.
3. **CPU 314:** ejecuta el programa al doble de velocidad, es decir, en 0,3 ms. Por 1K de instrucciones binarias. Tampoco hay peligro de perder datos pues también permite guardar el programa en una Memory Card tipo Flash-EEPROM.
4. **CPU 315:** tiene la misma rapidez que la CPU 314 (1K de instrucciones al bit en 0,3ms.), pero dos veces más de memoria (48 Kbytes), es decir, para más de 16.000 instrucciones. También contiene una memoria Flash del tipo EPROM que le permite salvaguardar los datos. Además, el reloj está asociado a un acumulador de energía enchufable dotado de una reserva de marcha de 4 semanas en caso de falla de la red.
5. **CPU 315-2DP:** si se configura el S7-300 con ésta CPU, es posible extender el autómata a 64 estaciones DP (periferia descentralizada), totalizando más de 1000 entradas/salidas a varios kilómetros de distancia y con puertos abiertos y normalizados. Esta posibilidad que brinda el CPU 315-DP, confiere una flexibilidad total, ya que permite la libertad de direccionamiento de entradas/salidas centralizadas y descentralizadas.

### 4.1.2.3 Prestaciones



**Figura 17.** Expansión Usando ET-200 tipo IM

Fuente: <https://www.google.com/search?q=s7+300+siemens&rlz=1C1KMZ>

La CPU permite montar 256 entradas y salidas digitales en un sólo perfil y, si bien es cierto que en la fila central sólo caben 8 módulos de entradas y salidas, además de la CPU, pueden emplearse otras cuatro filas de este tipo: Por ejemplo, la CPU 314 permite incorporar hasta 32 módulos, repartidos en cuatro filas. (Figura 17). Para enlazar las distintas filas basta usar los módulos de interconexión, también llamados interfaces (IM). Estos se encargan por sí solos de comunicar las demás filas, incluso salvando las distancias de hasta 10 mts.

Los módulos de interconexión son dos: IM360 e IM361. El IM360 se monta en la fila central y por cada fila adicional se coloca un IM361, respectivamente. Si solo necesita una fila adicional, la pareja de módulos IM365 es la más económica (el primero de ellos se coloca en la fila central y el segundo, en la fila adicional).

- **Pueden ser instalados 32 módulos en 4 racks:** un total de 3 racks de expansión pueden ser conectados al rack central. Ocho módulos pueden ser conectados en cada rack.
- **Módulos de conexión vía interfaces:** cada rack tiene su propio módulo de interfaces. Este es siempre conectado en la ranura adyacente al CPU.
- **Instalación separada:** los racks individuales pueden ser instalados también en forma separada. La distancia máxima entre racks es de 10 metros.
- **Distribución versátil:** los racks pueden ser instalados horizontal o verticalmente, de manera de obtener la distribución óptima en el espacio del que se dispone.

#### **4.1.2.4 Tipos de Módulos Disponibles**

Tanto si son analógicas o digitales como si son entradas o salidas, este autómata trata las señales a medida que se van presentando.

- **Módulos de entradas digitales**

Los módulos de entradas digitales convierten las señales digitales externas del proceso al nivel interno del autómata. Por ejemplo, si se va a utilizar detectores de proximidad o finales de carreras con una tensión de 24 VDC, se debe elegir el módulo de entrada de 24 V., que le ofrece 16/32 entradas y conecta los sensores con separación galvánica y en grupos de 8 entradas con contacto común. Para señales de corriente alterna de 120 ó 230 V., existe un módulo de 8 canales que se encarga de traducir las señales para que las pueda leer el autómata.

- **Módulos de salidas digitales**

Los módulos de salidas digitales convierten las señales internas del S7-300 en señales externas adaptadas al proceso. Por ejemplo, si desea conectar electroválvulas,

contactores, pequeños motores, lámparas, etc., entonces necesitará un módulo de este tipo. En lo que respecta a los actuadores de 24 VDC, como por ejemplo contactores y válvulas, el autómatas ofrece varias alternativas como ser: desde módulos de 16/32 canales y 0,5 A. Con separación galvánica hasta módulos de relé de 8 a 16 canales.

El SIMATIC S7-300 tiene diferentes interfaces de comunicación:

### **Comunicación**

El SIMATIC S7-300 tiene diferentes interfaces de comunicación:

Procesadores de comunicación CP 343-5, CP 343-1 y CP 343 TCP para conexión al PROFIBUS y sistemas bus de Ethernet Industrial.

Procesador de comunicaciones CP 340 para conexión a sistemas punto a punto.

La interface multipunto (MPI) está integrada al CPU; para conexión simultánea de los mandos de programación, PC, sistemas MMI y sistemas de automatización SIMATIC S7, M7 o C7.

### **Mecanismos de Comunicación**

El SIMATIC S7-300 tiene varios mecanismos de comunicación:

Intercambio cíclico del conjunto de datos entre redes de CPU mediante la comunicación global de datos.

Comunicación de resultado transmitido por las redes utilizando bloques de comunicación.

Mediante el servicio de comunicación global de datos, las redes de CPU pueden intercambiar datos cíclicamente con cada una de las otras unidades centrales de procesamiento. Esto permite a uno CPU acceder a la memoria de datos de otra CPU. La comunicación global de datos solo puede ser enviada vía interfaces multipunto (MPI).

### **Funciones de Comunicación**

El PLC, al ser un elemento destinado a la Automatización y Control, teniendo como objetivos principales el aumento de la Productividad y la disminución de los Tiempos Ciclos, no puede o mejor dicho no es un simple ejecutador de datos almacenados en su memoria para transmitir directivas a sus dispositivos que controla.

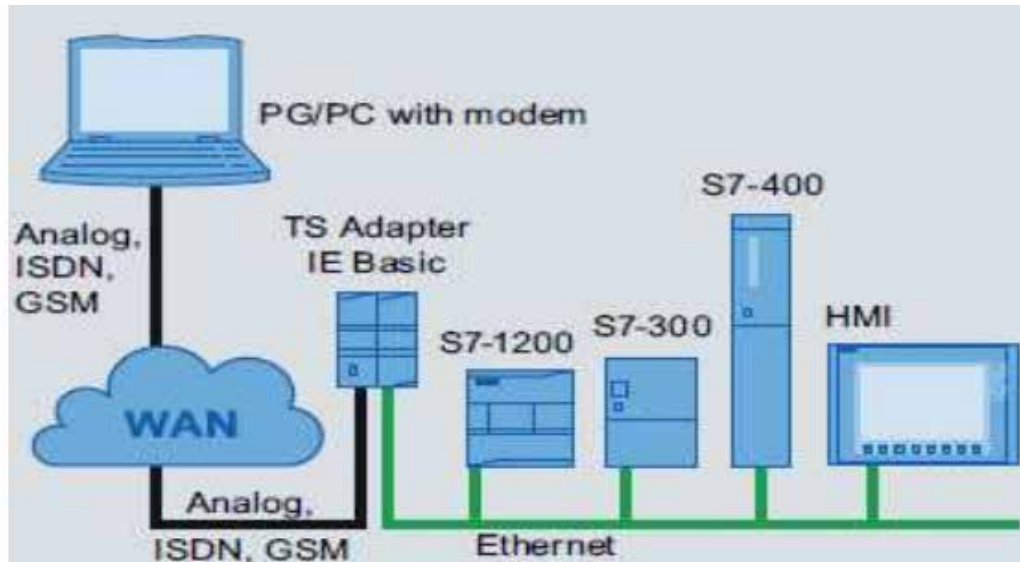
Es decir, debe ser un elemento que en cualquier momento sea capaz de cambiar la tarea que realiza con simples cambios en su programación, esta tarea sería imposible sin la ayuda de otros dispositivos tales como PCL programadoras o paneles de control, dispositivos de campo, PLC, etc. Por lo tanto, necesitamos COMUNICAR al PLC. Estos conceptos no son otros en los que se basa la Fabricación Flexible, y una comunicación eficiente depende esencialmente de la red en la que se encuentra trabajando el PLC. No solamente el PLC sino también los computadores industriales, unidades de programación, etc., que una vez conectados todos a la red, desde cualquier punto es posible acceder a cada uno de los componentes.

En particular el S7-300 de Siemens viene dotado con 3 interfaces para trabajar en equipo o red, ellos son:

- El M.P.I. (Interfaz Multi Punto).
- El P.P.I. (Interfaz Punto por Punto).
- El Profibus-DP.
- Ethernet

Para el desarrollo del trabajo de grado la comunicación del PLC se hizo por la Ethernet el cual este es un estándar de comunicación que posee protocolos abiertos tal como es TCP/IP nativo ISO-on-TCP el cual es común en casi todas las instalaciones que necesitan comunicación para recibir y enviar ordenes soportando modos de transferencia da datos útiles de ingeniería, diagnosticando y lanzando alarmas.

Como equipamiento estándar, el multimedidor SENTRON PAC3200 posee una interfaz Ethernet y, por lo tanto, no requiere hardware adicional. Esto ahorra espacio y costos. Así, el instrumento se puede configurar a través de redes LAN, y por estas también podrán transmitirse los datos de medición. Para esto podrá seleccionarse entre el protocolo de sistema de Siemens SEAbus TCP y Modbus TCP. Una interfaz Ethernet en un aparato de esta clase es una singularidad que señala un futuro prometedor.



**Figura 18. Conexión ETHERNET**  
Fuente: [www: http://T-UCSG-PRE-TEC-IECA-65.pdf](http://T-UCSG-PRE-TEC-IECA-65.pdf)

#### 4.1.2.5 Sensor de movimiento

Un detector de movimiento, o sensor de presencia, es un dispositivo electrónico equipado de sensores que responden a un movimiento físico. Se encuentran generalmente en sistemas de seguridad o en circuitos cerrados de televisión.

El sistema puede estar compuesto, simplemente, por una cámara de vigilancia conectada a un ordenador que se encarga de generar una señal de alarma o poner el sistema en estado de alerta cuando algo se mueve delante de la cámara. Aunque, para mejorar el sistema se suele utilizar más de una cámara, multiplexores y grabadores digitales. Además, se maximiza el espacio de grabación, grabando solamente cuando se detecta movimiento.

Existen diferentes aplicaciones para un sensor de movimiento: seguridad, entretenimiento, iluminación, comodidad. Por ejemplo, en las tiendas se tienen sensores que detectan cuando una persona va a entrar y se abren las puertas automáticamente.

También hay varios tipos de sensores:

- **Sensores activos.** Este tipo de sensores inyectan luz, microondas o sonido en el medio ambiente y detectan si existe algún cambio en él.
- **Sensores pasivos.** Muchas alarmas y sensores utilizados usan la detección de ondas infrarrojas. Estos sensores son conocidos como PIR (pasivos infrarrojos). Para que uno de estos sensores detecte a los seres humanos se debe de ajustar la sensibilidad del sensor para que detecte la temperatura del cuerpo humano.



**Figura 19.** Sensor de movimiento.

**Fuente:** <https://www.google.com/search?q=sensor+de+movimiento+funcionamiento&>

### **4.1.3 Evaluación de software.**

#### **4.1.3.1 Step 7 Simactic**

STEP 7 es el software estándar para configurar y programar los sistemas de automatización SIMATIC. STEP 7 forma parte del software industrial SIMATIC. El software estándar STEP 7 presenta las siguientes variantes:

- STEP 7-Micro/DOS y STEP 7-Micro/WIN para aplicaciones stand-alone sencillas en sistemas de automatización SIMATIC S7-200.
- STEP 7 para aplicaciones en sistemas de automatización SIMATIC S7-300/400, SIMATIC M7-300/400 y SIMATIC C7 con funciones ampliadas:
  - Ampliable con los productos de software opcionales integrados en el Software Industrial SIMATIC.
  - Posibilidad de parametrizar bloques de función y de comunicación.
  - Forzado y modo multiprocesador.
  - Comunicación de datos globales.
  - Transferencia de datos controlada por eventos con bloques de comunicación y de función.
  - Configuración de enlaces.

Los lenguajes de programación SIMATIC integrados en STEP 7 cumplen con la norma DIN EN 6.1131-3. El software estándar se ejecuta bajo los sistemas operativos MS Windows 2000 Professional (en adelante llamado Windows 2000) y MS Windows XP Professional (en adelante llamado Windows XP) y MS Windows Server 2003, estando adaptado a su funcionamiento gráfico y orientado a los objetos.

### **Funciones del software estándar**

El software estándar le asiste en todas las fases de creación de soluciones de automatización, tales como:

- Crear y gestionar proyectos.
- Configurar y parametrizar el hardware y la comunicación.
- Gestionar símbolos.
- Crear programas, p.ej.
- Para sistemas de destino s7.
- Cargar programas en sistemas de destino.
- Comprobar el sistema automatizado.
- Diagnosticar fallos de la instalación.

La interface de usuario del software STEP 7 ha sido diseñado siguiendo los criterios ergonómicos más avanzados, lo que permite conocer rápidamente sus funciones. La documentación del software STEP 7 contiene la información completa en la Ayuda en pantalla y en los manuales electrónicos en formato PDF.

### **Los lenguajes de programación**

KOP, AWL y FUP para S7-300/400 son parte integrante del software estándar.

- KOP (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico. La sintaxis de las instrucciones es similar a la de un esquema de circuitos. KOP permite observar la circulación de la corriente a través de contactos, elementos complejos y bobinas.

Para el presente trabajo de grado se utilizó el Lenguaje KOP para realizar la programación lo cual será explicado en la fase 2 del trabajo de grado.

### **Ventajas y desventajas del Step 7 Simatic**

Ventajas de la comunicación básica S7 con el servicio

- No hay que configurar ningún enlace de comunicación.
- Los datos se pueden transferir de forma dinámica y variable.
- Los datos se envían o reciben de forma consistente.
- Los recursos de enlace se pueden controlar en el programa S7 de la CPU.
- Es posible implementar el principio de comunicación Cliente / Servidor y Cliente / Cliente.

Desventajas de la comunicación básica S7 con el servicio

- La comunicación básica S7 sólo se puede utilizar en estructuras homogéneas SIMATIC S7.
- Sólo se puede transferir una cantidad pequeña de datos.

#### **4.1.3.2 Software Intouch**

(Tutorial Invensys Systems, Intouch 2012). El programa InTouch es un software de visualización que permite crear aplicaciones de interfaz entre Hombre – Máquina (HMI) para automatización industrial, control de procesos y monitoreo

supervisado. InTouch es el primer paquete SCADA que utiliza el sistema operativo Windows como plataforma.

Al funcionar sobre Windows, aprovecha las capacidades gráficas de este sistema operativo: los procesos eran más factibles de documentar, el entorno gráfico es ideal para la representación de esquemas y valores, y las aplicaciones son flexibles y fáciles de implementar e interpretar. Cuenta con las siguientes herramientas:

Base de datos de la fábrica (Servidor industrial SLQ).

Supervisión de la producción.

Gerencia flexible de la jornada (In Batch).

Visualización de internet/intranet (web server Factory Suite)

Conectividad I/O Servers.

InTouch permite crear aplicaciones con características completas, estas incluyen el intercambio dinámico de datos DDE, enlace de objetos e incrustaciones (OLE), gráficos y más.

La versión del software de InTouch 2012 R2 para monitorización y control de procesos industriales ofrece una sobresaliente facilidad de uso, creación y configuración de gráficos. Permite a los usuarios la creación y puesta en marcha de aplicaciones para la captura de información a tiempo real. El paquete consta básicamente de dos elementos: Windowmaker y Windowviewer.

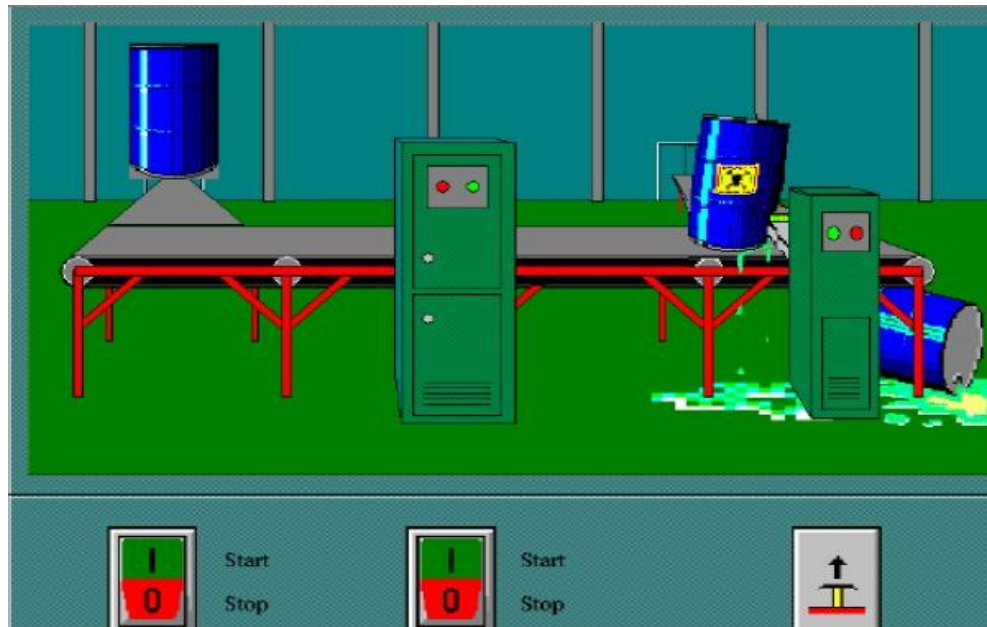
- **Windowmaker:** Es el sistema de desarrollo, permite todas las funciones necesarias para crear ventanas animadas del proceso de café liofilizado, ingresos de las variables del proceso a controlar conectadas al sistema de E/S externos o a otras aplicaciones Windows.
- **Windowviewer:** Es el sistema runtime, se visualiza las variables en tiempo real utilizada en la aplicación creadas con windowmaker.

Para el diseño de las ventas animadas y la visualización de las variables en tiempo real se utilizó la licencia RunTime (instalada directamente en el CPU).

A continuación, se explica con detalle el funcionamiento de la interface gráfica que contiene el software, la cual es indispensable para la realización de este proyecto de grado.

### **Interface gráfica.**

Las interfaces gráficas permiten la elaboración de pantallas de usuario con múltiples combinaciones de imágenes y/o texto, definiendo así las funciones de control y supervisión de planta se muestra en la figura 20.



**Figura 20.** Gráfica de Intouch. Ejemplo de interfaz gráfica.

Fuente: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10440/1/UPS-GT001536.pdf>

Es posible realizar cambios de configuración si tenemos los privilegios adecuados. Por ejemplo, modificar la duración de una gráfica para ver unos datos que no se muestran en la pantalla en ese momento.



**Figura 21.** Librería Symbol Factory.

**Fuente:** <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10440/1/UPS-GT001536.pdf>

## **Conectividad**

InTouch 2012 R2 se puede conectar a casi cualquier dispositivo de control debido a los cientos de controladores I/O y servidores OPC existentes diseñados para la conexión a productos de Wonderware. Su lista de controladores es la más grande del mercado.

Los servidores Wonderware suministran datos a aplicaciones InTouch a través de comunicación DDE de Microsoft, el protocolo Suitelink de Wonderware o la tecnología OPC. Otros fabricantes utilizan el set de herramienta Orchestra DAS (Data Access Server) Toolkit para la creación de servidores que incorporen uno o varios de los métodos anteriormente mencionados.

## **4.2 Fase II: Diseñar la arquitectura de la programación del PLC para la automatización de los aires acondicionados mediante la metodología del diagrama de escalera.**

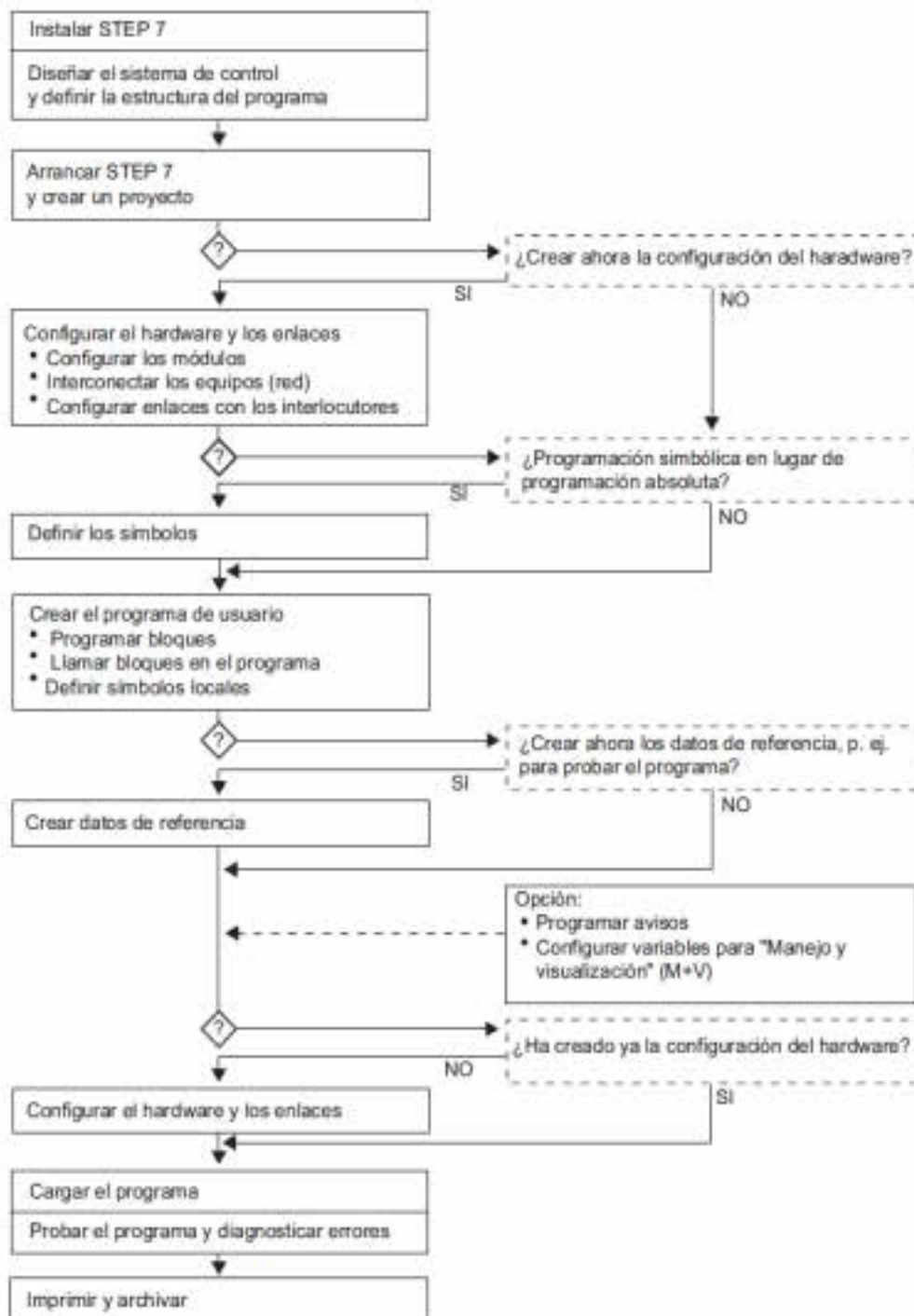
La programación, es la acción de ordenar y estructurar una serie de acciones de forma cronológica para cumplir un objetivo, en el caso de un proyecto de automatización, la programación es la carga de controlar todos los procesos que requieran, para realizar esto existen una gran variedad de lenguajes de programación, sin embargo, debido a su simplicidad para entender e interpretar sus instrucciones, el lenguaje de programación más utilizado para realizar la acción de automatizar un proceso es Ladder (KOP), también llamado diagrama de escalera o diagrama de contactos, este lenguaje de programación gráfico es muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico o ingeniero eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

### **4.2.1 Crear un proyecto en Step 7 Simatic**

Al crear una solución de automatización con Step 7 se deben realizar una serie de pasos que se describirán a continuación. La figura 22 muestra las tareas básicas que se deben realizar en la mayoría de los proyectos, las cuales aparecen representadas en la forma de organigrama, al cual nos referiremos como "guía de orientación de Step 7".

Como muestra la figura 22, hay dos procedimientos alternativos:

- Puede configurar primero el hardware y programar luego los bloques, o bien
- Programar primero los bloques sin tener que configurar antes el hardware. Esto es especialmente recomendable cuando se deban realizar trabajos de mantenimiento, p.ej. al integrar bloques programados en un proyecto ya existente.



**Figura 22.** Guía de Orientación Step 7 para inicializar un proyecto  
Fuente: Manual Siemens

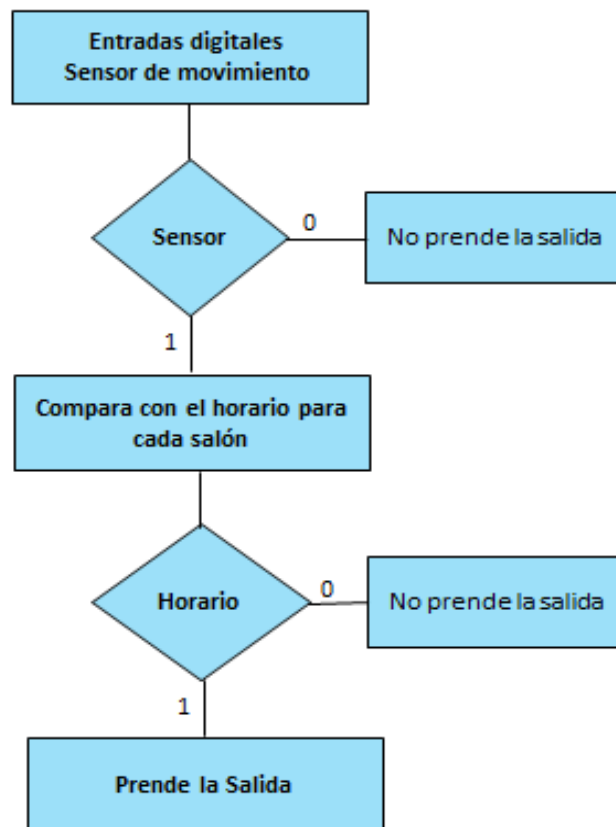
#### 4.2.1.2 Primeros pasos a realizar

- **Instalar STEP 7 y claves de licencia Al utilizar STEP 7**

Por primera vez, es preciso instalar el software y transferir las claves de licencia residente en el cd al disco duro (consulte también Instalar STEP 7 y Autorización).

- **Diseñar el control Antes de trabajar con STEP 7**

Planifique su solución de automatización dividiendo primero el proceso en diversas tareas y creando luego un plano de configuración (consulte también Procedimiento básico para diseñar una solución de automatización). Se realizó el diseño de control de la automatización y control del encendido y apagado de los aires acondicionados a través de un diagrama de bloques (observar figura 23).



**Figura 23.** Diagrama de Bloques para el encendido y apagado de los aires acondicionados

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 23 se puede observar el diagrama de bloques el cual representa la automatización para el encendido y apagado de los aires acondicionados de la universidad. Primeramente, se empieza preguntado si el sensor de movimiento que es nuestra entrada digital se encuentra en 0 o 1, si el sensor se encuentra activo, ósea si el bit se encuentra en 1 realiza una comparación para ver si en el salón respectivamente en el horario hay clases, la comparación se hace con una base de datos diseñada dentro de la misma programación. Si la salida del horario es 1 activa la salida del aire para su pronto encendido el cual durará el tiempo establecido por el horario, por otro lado, si inicialmente el sensor está en 0 eso significa que la salida del aire estará apagado.

- **Iniciar STEP 7**

STEP 7 se arranca desde la interface de Windows (consulte también Arrancar STEP 7).

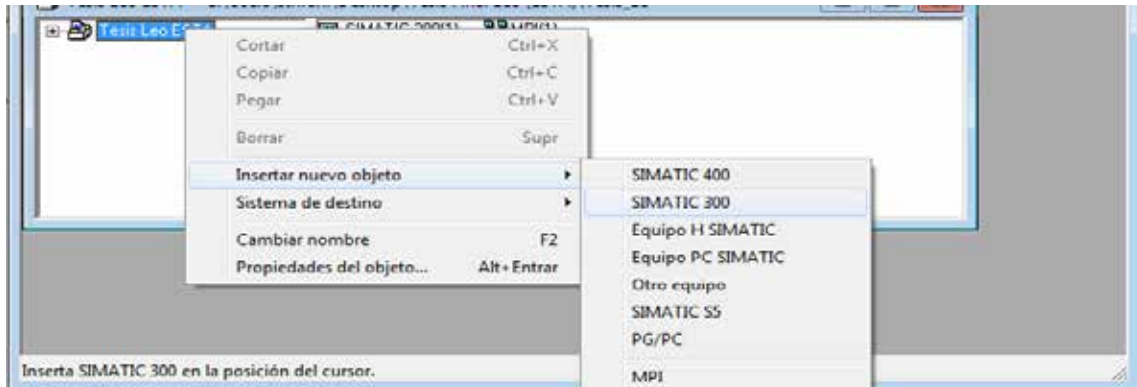
- **Crear la estructura del proyecto**

Un proyecto es una carpeta que contiene todos los datos estructurados jerárquicamente, estando disponibles en cualquier momento. Tras crear un proyecto, todos los demás trabajos se realizan en el mismo.

- **Crear el equipo**

Al crear el equipo se define el sistema de automatización utilizado: p.ej. SIMATIC 300, SIMATIC 400, SIMATIC S5. Para el trabajado de grado se utilizó el SIMATIC 300 el cual es defino como PLC Simatic S7-300, el cual este fue explicado y escogido en la fase I.

En la figura 24 se puede observar que después de crear la estructura y la carpeta para el proyecto, se procede al crear el equipo el cual es aquel en donde se inserta el PLC Simatic 300, dándole clic izquierdo insertar nuevo objeto y luego clic en Simatic 300.

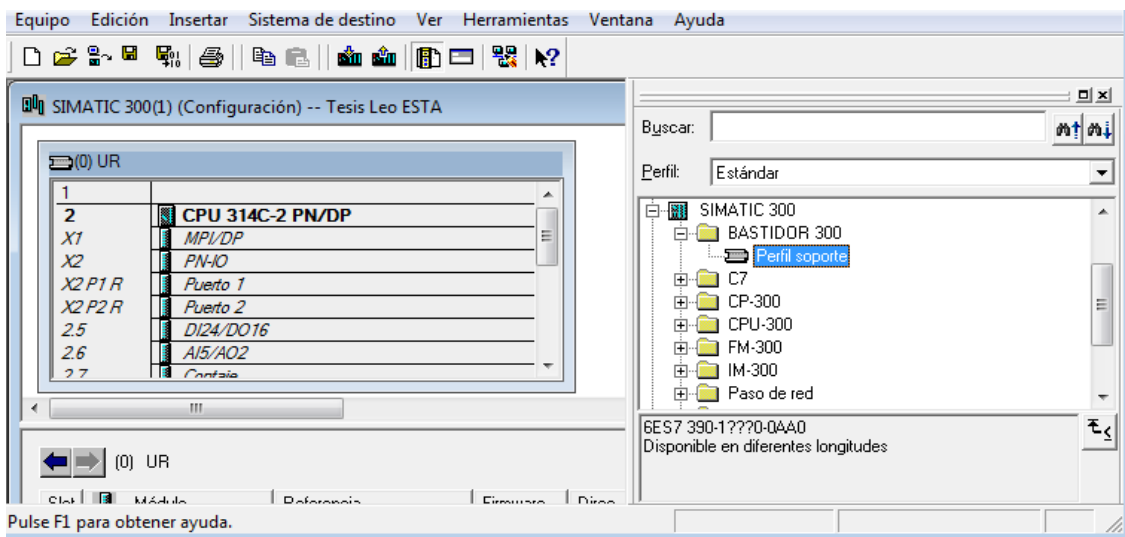


**Figura 24.** Crear el equipo Simatic 300.

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

- **Configurar el hardware**

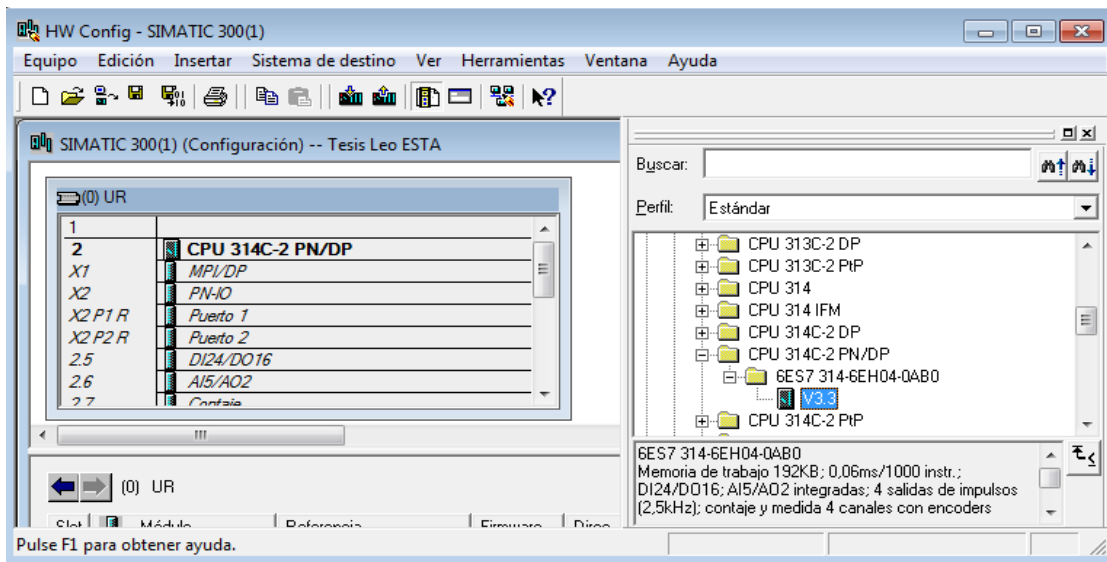
Al configurar el hardware se define en una tabla de configuración qué módulos se utilizarán para la solución de automatización y a través de qué direcciones se accederá a los módulos desde el programa de usuario. Además, las propiedades de los módulos se pueden ajustar mediante parámetros.



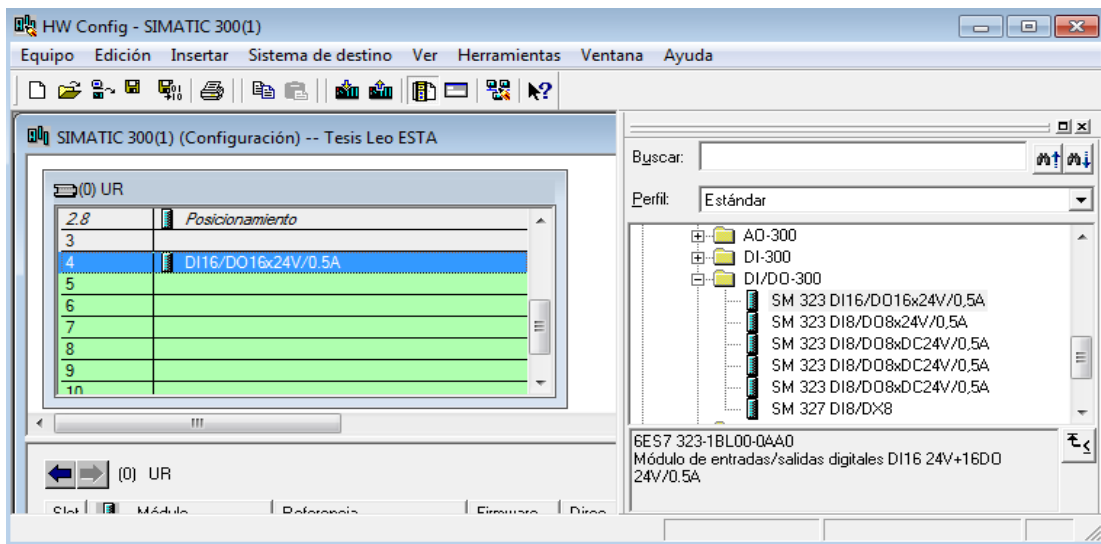
**Figura 25.** Insertar bastidor

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 25 se observa que para configura el hardware primeramente hay que insertar el bastidor, el cual es el módulo principal que se utiliza para insertar todas las demás variables.



**Figura 26.** Insertar el CPU  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)



**Figura 27.** Insertar módulo de entradas y salidas digitales.  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 26 se observa que en el proyecto se utilizó una CPU-314C-2 PN/DP, la cual tiene una memoria de trabajo de 192 KB, un módulo de entrada y salidas digitales. Pero una de las cosas más importantes por la que se escogió el CPU es porque nos permite realizar la conexión por medio de la PC a través de la IP y el protocolo de comunicación Ethernet.

Para la figura 27 se observa que se añadió un módulo de entrada y salida digitales del sistema esto tiene que ver por la cantidad que se manejan ya que son altas.

### Definir los símbolos

En lugar de utilizar direcciones absolutas es posible definir símbolos locales o globales en una tabla de símbolos, empleando nombres autoexplicativos que se utilizarán luego en el programa.

	Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Comentario
1		1:35 pm a 3:05	FB 14	FB 14	
2		10:20 am a 11:50	FB 12	FB 12	
3		1103	FB 6	FB 6	
4		1104	FB 7	FB 7	
5		12:00 pm a 1:30	FB 13	FB 13	
6		1201	FB 8	FB 8	
7		1P03	FB 9	FB 9	
8		2S01	FB 1	FB 1	
9		2S02	FB 2	FB 2	
10		2S22	FB 3	FB 3	
11		2S31	FB 4	FB 4	
12		2S34	FB 5	FB 5	
13		3:15 pm a 4:00	FB 19	FB 19	
14		3:15 pm a 4:45 pm	FB 15	FB 15	
15		5:00 pm a 6:25	FB 16	FB 16	
16		6:30 pm a 8:00	FB 17	FB 17	
17		7:00 am a 8:30	FB 10	FB 10	
18		8:00 pm a 8:55	FB 18	FB 18	
19		8:30 am a 10:10	FB 11	FB 11	
20		Aire 1103	A 0.5	BOOL	
21		Aire 1104	A 0.6	BOOL	
22		Aire 1201	A 0.7	BOOL	
23		Aire 1P03	A 1.0	BOOL	
24		Aire 2S01	A 0.0	BOOL	
25		Aire 2S02	A 0.1	BOOL	
26		Aire 2S22	A 0.2	BOOL	
27		Aire 2S31	A 0.3	BOOL	
28		Aire 2S34	A 0.4	BOOL	

**Figura 28.** Tabla de Símbolos

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 28 se observa la tabla de símbolos en la cual está especificado con nombre cual fue la entrada y salida utilizada para el proyecto, por otro lado, también se especificó el OB, bloques de funciones y funciones particulares para la realización de la automatización del encendido y apagado de los aires acondicionados de la universidad.

#### 4.2.1.3 Bloques del proyecto

En un proyecto de gran envergadura, se deben controlar una gran cantidad de variables de entradas y de salidas, para que se pueda tener un proyecto organizado y que se pueda comprender al momento de realizar una modificación, se dispone de diferentes herramientas con las cuales se puede ordenar un proyecto, en el presente trabajo de investigación se presenta un proyecto el cual está organizado en diferentes bloques tales como, bloques de organización (OB), así como de diferentes bloques de función (FB), funciones (FC) y por último bloques de datos (DB), cada uno de estos bloques son de gran importancia para cumplir cada uno de los requerimientos del sistema a automatizar. A continuación se nombrarán los diferentes bloques y funciones que conforman el proyecto.

- **Funciones**

Para este proyecto de grado se creó únicamente un solo bloque de funciones, el cual esta función específica como se puede leer la hora y fecha de la computadora. Para crear esta función se utilizó un bloque SFC1 que este sirve para leer la hora y fecha de la PC. La cual al leer la hora esta es almacenada en una variable la cual el tipo de datos es Date\_And\_Time y esta misma es almacenada en formato BCD. La información que se encuentra dentro de la propia variable es con la siguiente estructura de datos.

**Tabla 1.** Estructura de datos al leer la Fecha y Hora

<b>Bytes</b>	<b>Contenido</b>	<b>Margen</b>
0	Año	1990.... 2089
1	Mes	01...12
2	Día	1...31

3	Hora	0...23
4	Minuto	0...59
5	Segundo	0...59
6	2 MSD de ms	00...99
7 (4MSB)	LSD de ms	0...9
7 (4LSB)	Día de la semana	1...7 (Domingo =1)

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

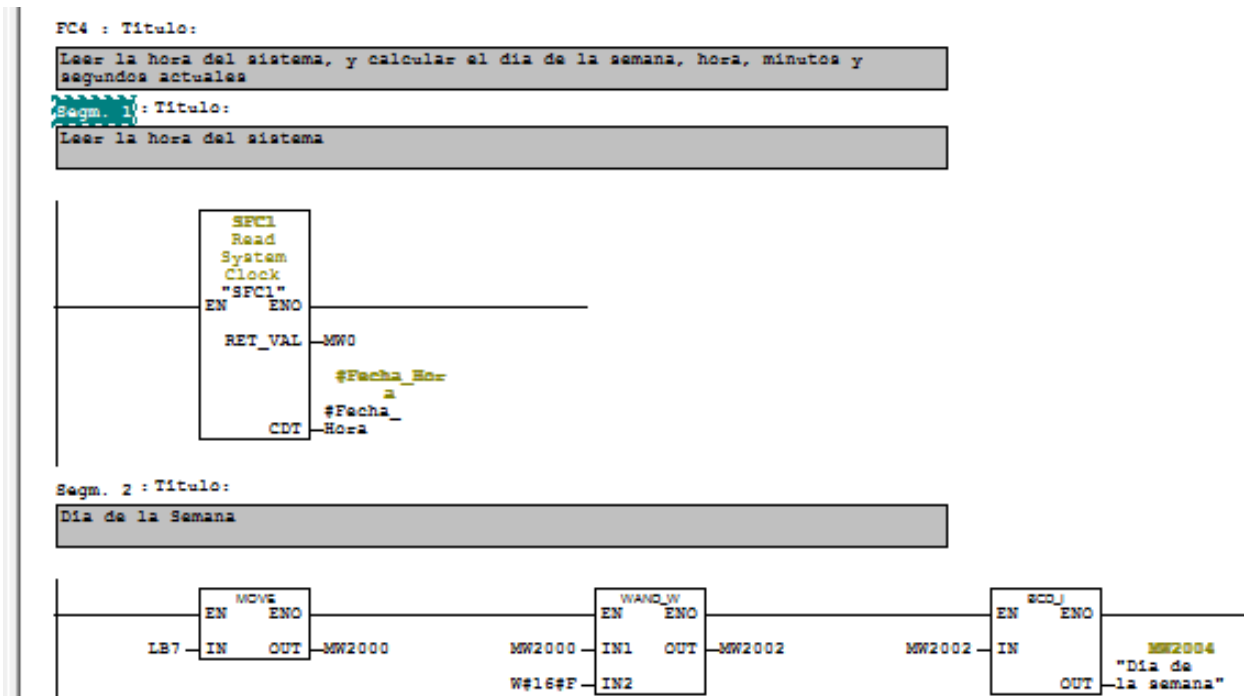
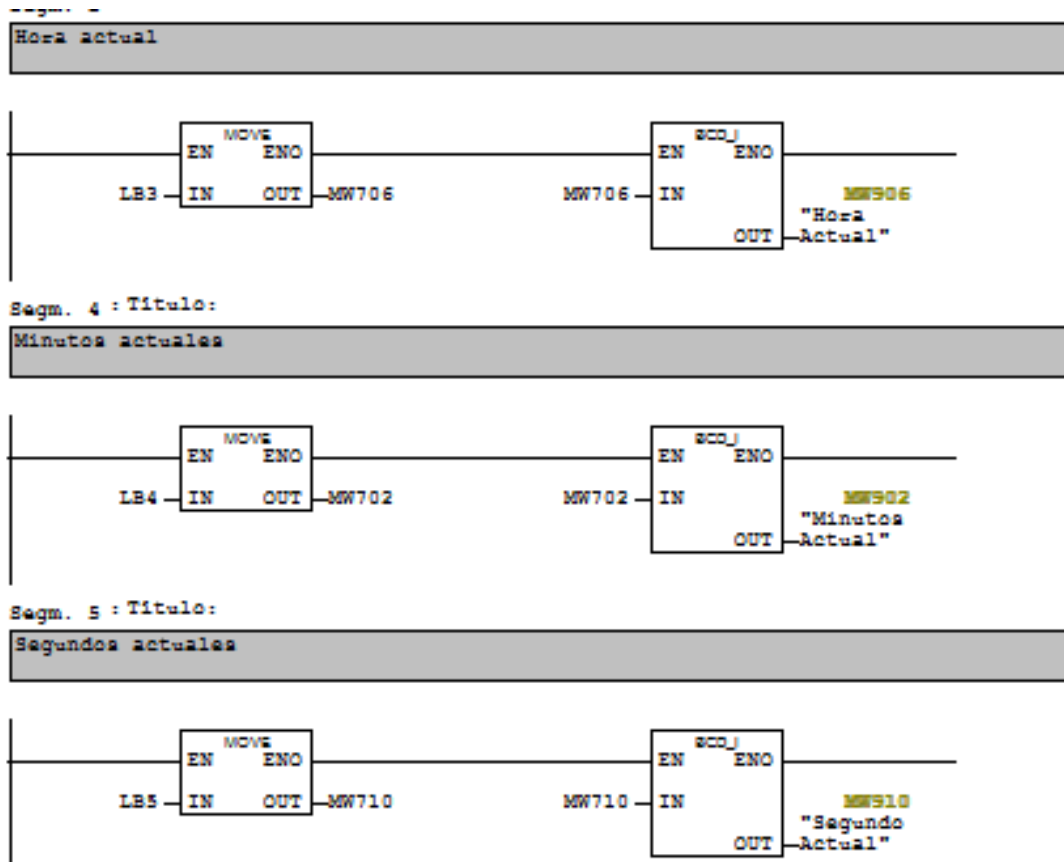


Figura 29. Función FC4 leer la hora de la PC 1.

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

Al leer la fecha y la hora utilizando el SFC1 (observar figura 29 seg 1), se guarda la variable en una de tipo Date\_And\_Time, y luego se consulta bit a bit como fue explicado en la tabla 1 para obtener los datos. En la figura 29 se consultó el bit LB7 el cual según la tabla 1 indica el día de la semana, siendo inicialmente una variable de

tipo BCD se realiza una conversión de BCD a I para poder manejar la variable como un numero entero.



**Figura 30.** Función FC4 leer la hora de la PC 2.

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 30 se observa los segmentos correspondientes de la figura 29 el cual especifica que se tomaron los bits LB3, LB4 y LB5, siendo la hora, minutos y segundos actuales. Cada uno de estos datos haciendo su respectiva transformación de BCD a I y guardado en cada una de sus variables correspondientes.

- **Bloques de funciones**

- **FB Horarios**

- Se realizaron primeramente 9 bloques de funciones el cual estos especifican los horarios utilizados en la universidad siendo estos respectivamente especificados en la tabla 2.

**Tabla 2.** Bloques de horarios

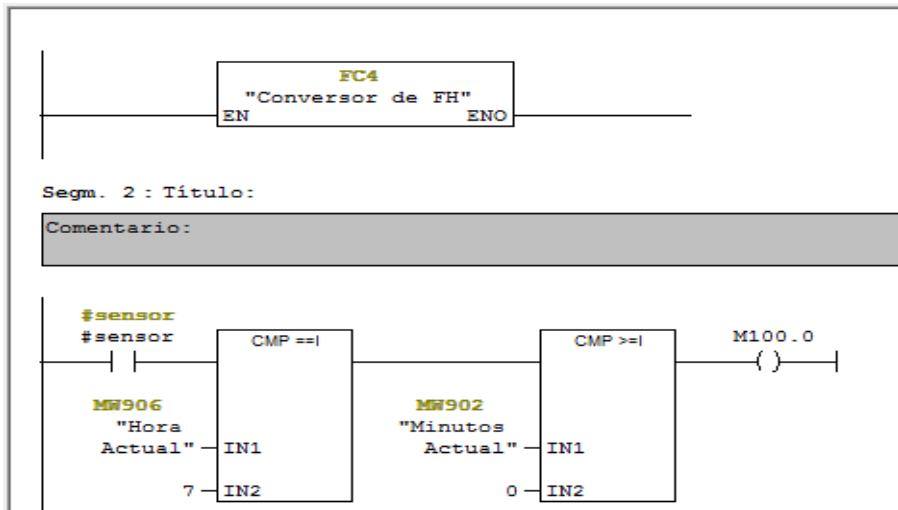
<b>BLOQUES</b>	<b>HORARIO</b>
1	7:00 am a 8:30 am
2	8:40 am a 10:10 am
3	10:20 am a 11:50 am
4	12: pm a 1:30 pm
5	1:35 pm a 3:05 pm
6	3:15 pm a 4: 45 pm
7	4:55 pm a 6:25 pm
8	6:30 pm a 8:00 pm
9	8:10 pm a 8:55 pm

**Fuente:** Castillo, Fuenmayor (2019)

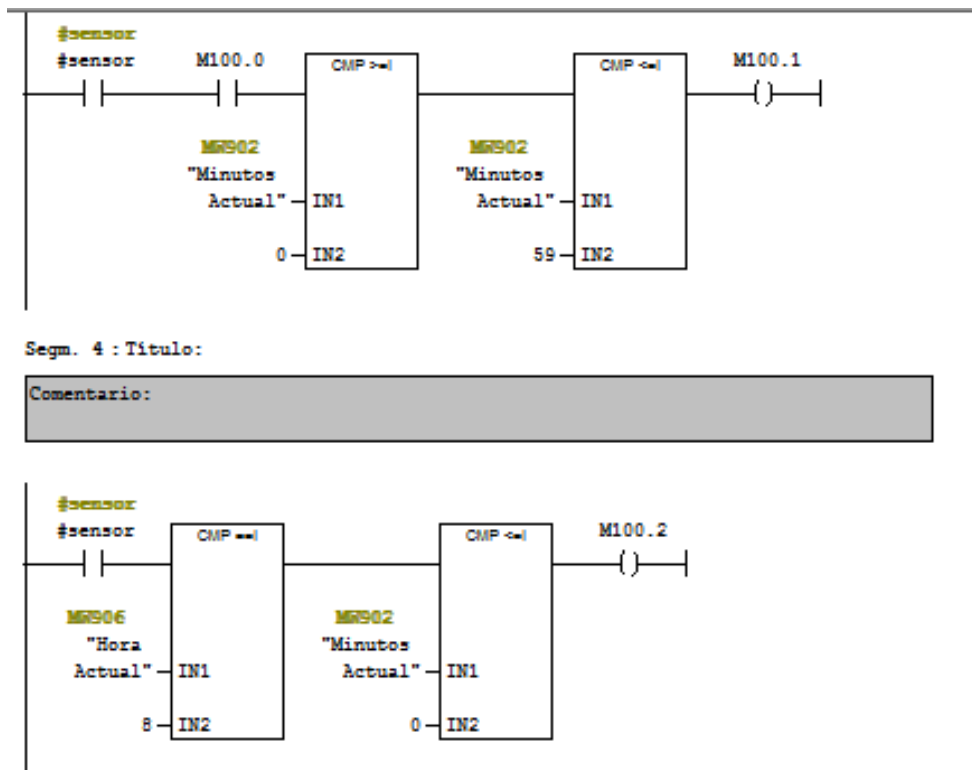
Para especificar el primer bloque de función el cual en la estructura del programa es llamado FB10. Este bloque es aquel donde se lee la entrada del sensor y da el encendido del aire acondicionado si se encuentra con clase el salón específicamente de 7:00 am a 8:30 am.

En la figura 31 se puede observar el diagrama escalera que fue planteado para poder obtener la salida del aire acondicionado si se encuentra en la hora del bloque 1. Primeramente, cada bloque de función internamente hacemos el llamado de la función FC4 para poder tener las variables de hora y minutos actuales. Luego colocamos la entrada del sistema el cual esta es la del sensor, si el sensor está activo se activa la línea y luego pasa por el primer bloque que me realiza una primera comparación, si la hora actual del bloque es igual a 7 me da una salida positiva y si los minutos actuales son mayores e iguales a cero me da una salida que esta misma es guarda en la marca M100.0.

Si la marca M100.0 está activa y el sensor sigue en activo entra a un siguiente bloque el cual indica puro el prendido del aire acondicionado que en este caso dura 59 minutos activando una marca M100.1 ( observar figura 32).

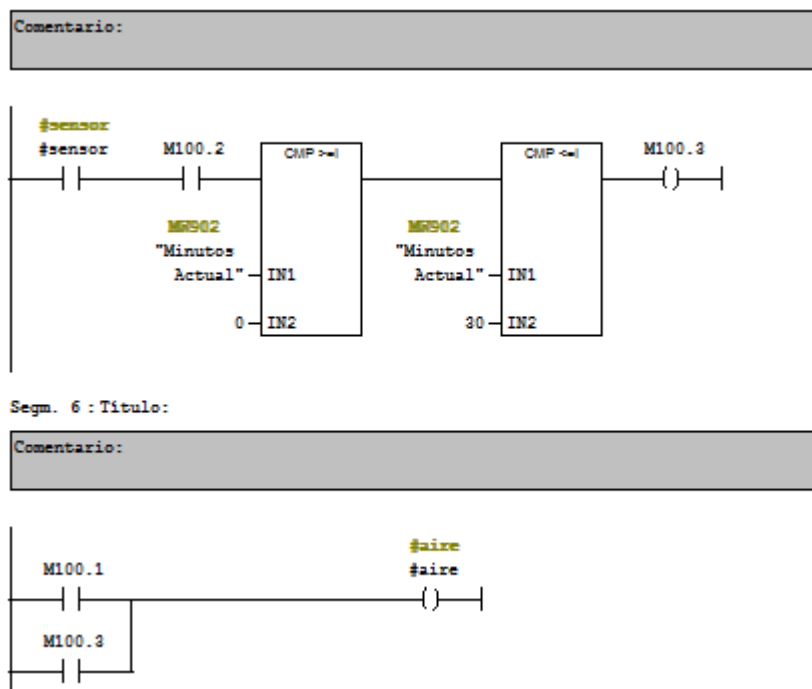


**Figura 31.** Horario de 7:00 am a 8:30 am 1  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)



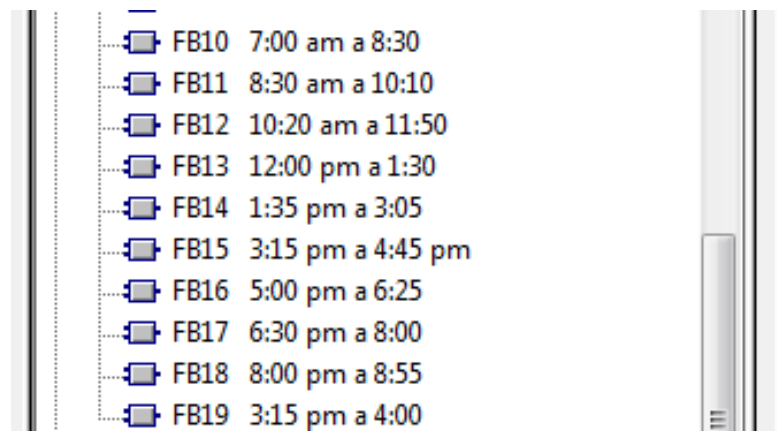
**Figura 32.** Horario de 7:00 am a 8:30 am 2  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

Siguiendo lo anterior para el siguiente segmento se vuelve a preguntar si el sensor se encuentra en activo, entra al siguiente bloque el cual realiza una comparación de 8 horas y cero minutos, el cual activa la marca M100.2 Siendo esta marca en 1 para el siguiente segmento activa 30 minutos de la salida cumpliendo así todo el diagrama de bloques un horario de 7:00 am a 8:30 am. Para las marcas M100.1 y M100.3 son aquellas marcas que cuando están activas ponen en 1 la salida del sistema siendo la salida el prender el aire acondicionado del salón. (Observar figura 33).



**Figura 33.** Horario de 7:00 am a 8:30 am 3  
**Fuente:** Castillo, Fuenmayor (2019)

Se crearon específicamente 9 bloques de funciones el cual especifica cada uno de los horarios especificados en tabla 2, adicionalmente se crearon bloques de 45 minutos para casos específicos del prendido y apagado del aire que no cumple con el bloque de horario tradicional. Cada uno de los bloques de funciones pueden ser observados en el Anexo A.



**Figura 34.** Bloques de funciones para horarios  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 34 se observa los bloques de funciones para cada bloque de horarios.

**FB Salones**

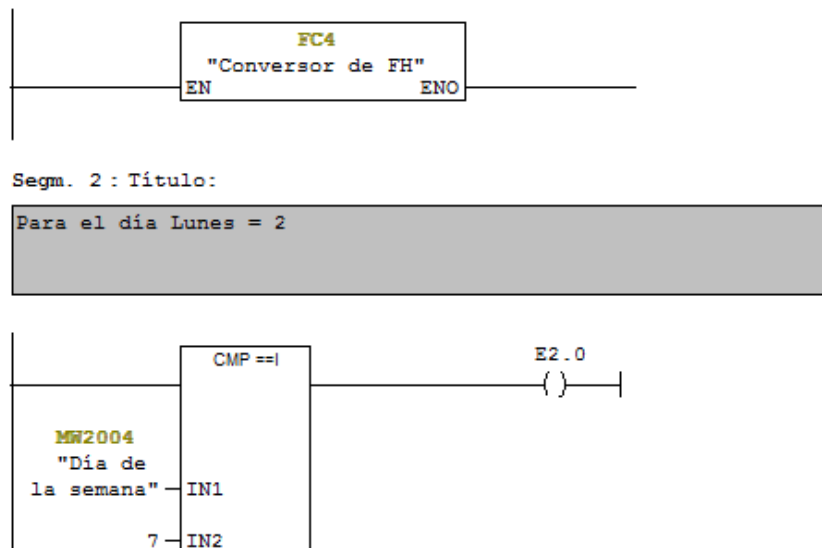
Seguidamente se realizaron 30 bloques de funciones adicionales el cual estos especifican el salón de cada edificio de la universidad. La universidad aproximadamente cuenta con 300 salones haciendo la suma de los tres edificios que están siendo automatizados en este proyecto grado. Siendo imposible colocar la base de datos para cada salón puesto que tenemos limitaciones con la licencia del software solo podemos simular 32 entradas y 32 salidas del sistema. Para realizar cada bloque de función del salón la universidad facilito la ocupación de cada edificio por horario.

<b>Aulas/Dia/Hora del Edificio No. 2</b>							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
6	07:00 am a 07:45 am	-2S01 -2S02 -2S22 -2S26 -2S31 -	-2S02 -2S22 -2S23 -2S35 -	-2S01 -2S02 -2S30 -	-2S01 -2S23 -2S31 -	-2S22 -	-
7	07:45 am a 08:30 am	-2S01 -2S02 -2S22 -2S26 -2S31 -	-2S02 -2S22 -2S23 -2S25 -2S35 -	-2S01 -2S02 -2S25 -2S30 -	-2S01 -2S23 -2S31 -	-2S22 -	-

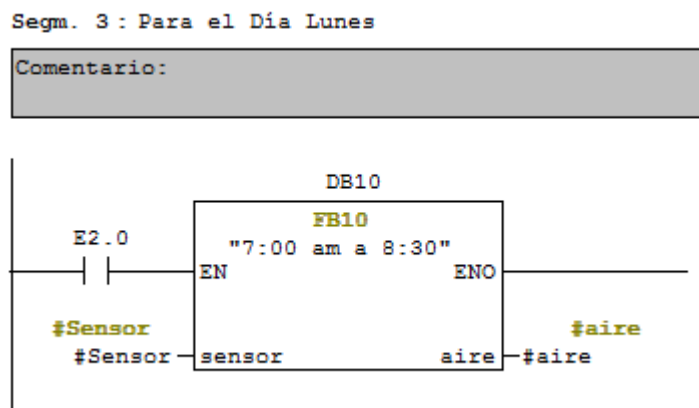
**Figura 35.** Ocupación UJAP  
Fuente: Universidad José Antonio Páez (2019)

En la figura 35 se puede observar parte de la ocupación de la UJAP. Usando este archivo fue creado cada uno de los 32 FB adicionales para cada salón.

En la figura 36 se observa el FB de un salón siendo para este caso 2S01 perteneciente al edificio de arquitectura. En el FB primeramente se hace el uso del bloque FC4 para usar todas las variables explicadas anteriormente. Después se ubica en que día de la semana estamos para activar las entradas, siendo día de la semana 2 que especifica que es el lunes, me activa la entrada E2.0

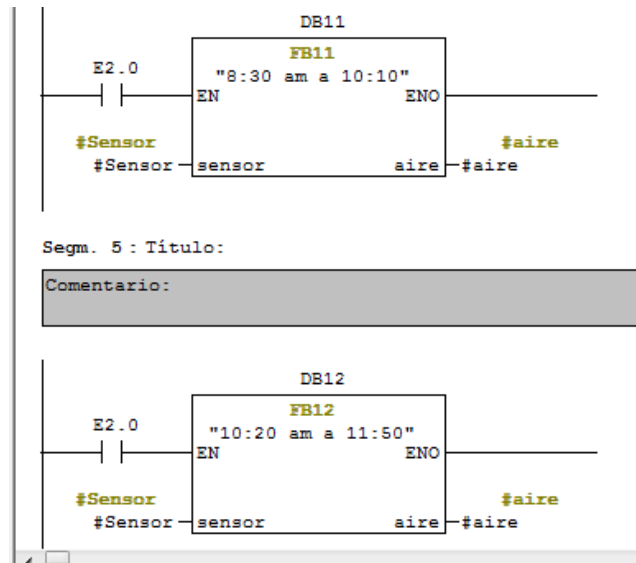


**Figura 36.** Bloque de Función para el salón 2S01. 1  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

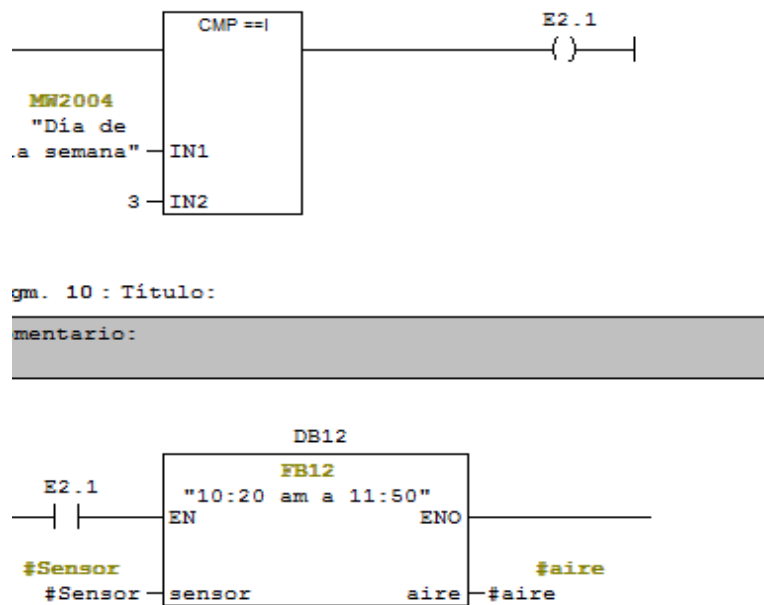


**Figura 37.** Bloque de Función para el salón 2S01. 2  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 37 se observa que si la entrada E2.0 está en activo llama al bloque de función FB 10 explicado anteriormente, si el bloque se activa prende el aire para ese salón.



**Figura 38.** Bloque de Función para el salón 2S01. 3  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)



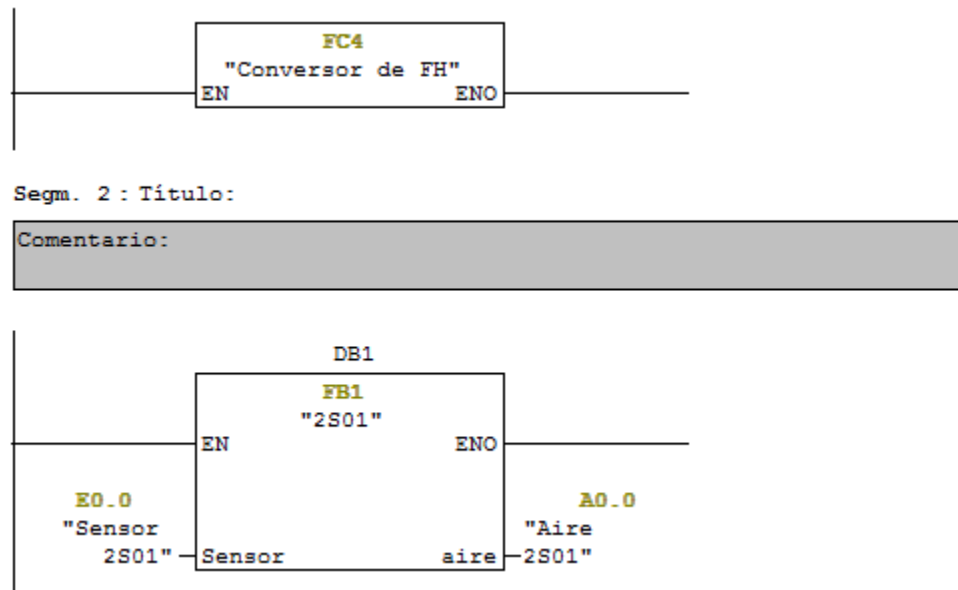
**Figura 39.** Bloque de Función para el salón 2S01. 4  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 38 se observan los demás bloques para el encendido y apagado del aire acondicionado dependiendo del horario de la ocupación de la UJAP. En la figura 39 se observa un ejemplo, pero en este caso se muestra para el día martes. El código para cada salón se puede observar en el Anexo B.

#### 4.2.2 Descripción y simulación de la programación

La programación del presente proyecto de investigación, como se ha descrito anteriormente consta de diferentes procesos, tanto funciones como bloques de funciones lo cual estos juntos conforman todo de sistema de automatización para el encendido y apagado de los aires acondicionados de la UJAP. De ahora en adelante nos concentraremos en los bloques de organización (OB). La cual estos bloques controlan la ejecución del programa de usuario.

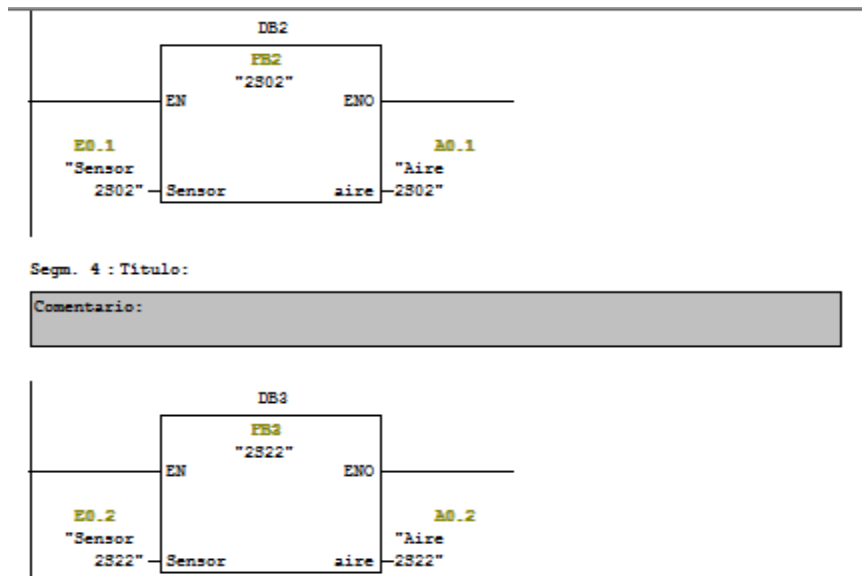
Para el programa de automatización se creó únicamente un OB donde se verá en el encendido y apagado de los aires acondicionados para todos los salones de cualquier edificio, tanto el edificio 1, edificio 2 y el edificio 4.



**Figura 40.** Bloque de Organización principal 1.

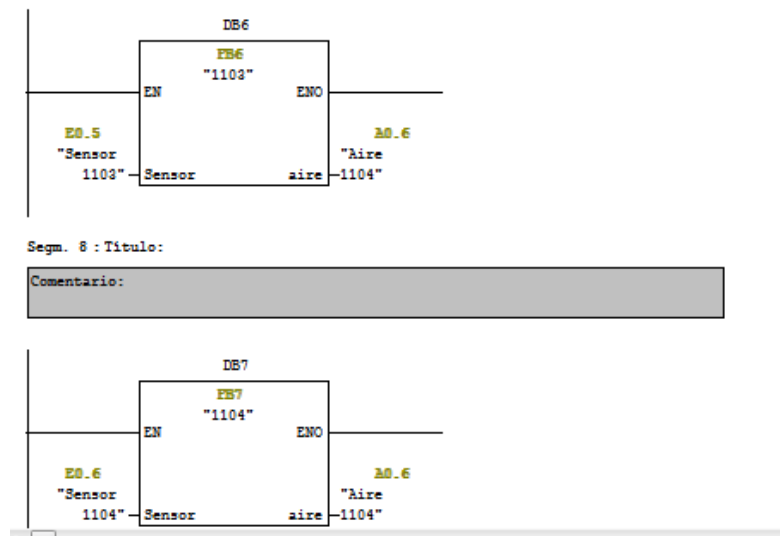
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 40 se observa el bloque de organización el cual primeramente se llama la función FC4 como fue explicado anteriormente y cada uno de los bloques de funciones que representa el salón. En esta parte de la programación se le asigno cada sensor y salida especifico por salón.



**Figura 41.** Bloque de Organización principal 2.

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)



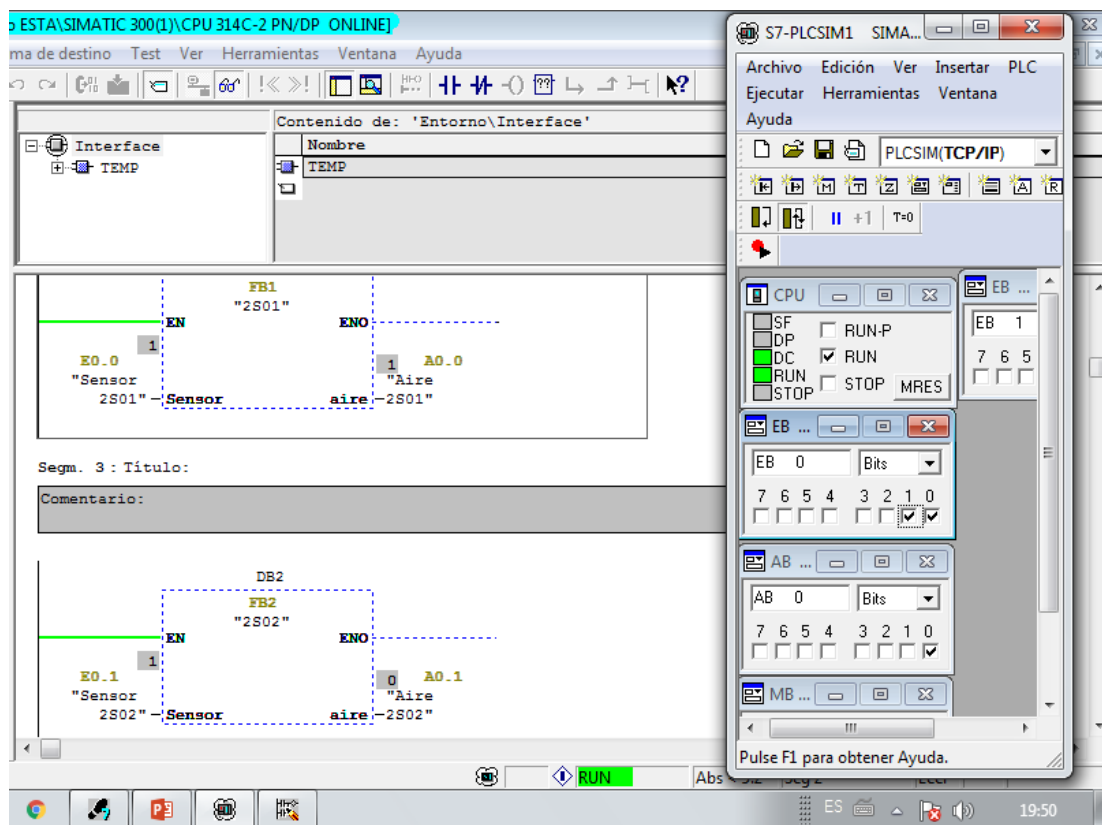
**Figura 42.** Bloque de Organización principal 3.

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 41 y 42 se puede observar el consiguiente del bloque de organización lo cual es el llamado a los BF que representan otros salones de otros edificios en el anexo C se puede encontrar todo el código del OB.

#### 4.2.2.1 Simulación del inicio del sistema

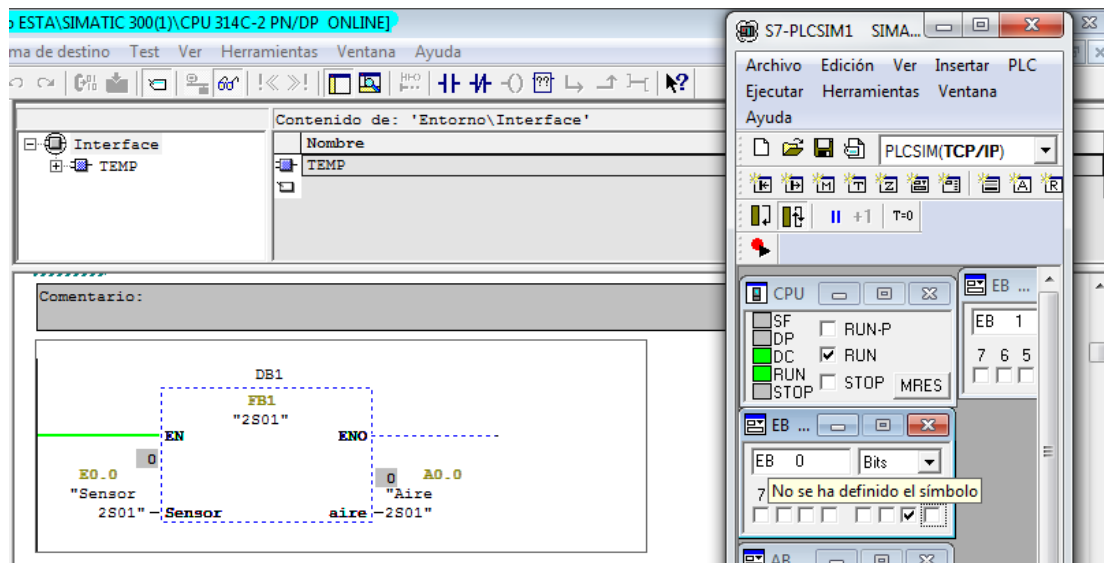
El inicio del sistema es donde el usuario puede iniciar el sistema dando como entrada el sensor de cada salón. El inicio del sistema se encuentra en el bloque de organización principal, el cual para realizar la simulación del sistema tenemos que abrir el simulador y colocar manualmente las entradas físicas del sistema que sería la señal de los sensores, ya que por ser una propuesta no tenemos el valor de los sensores en físico.



**Figura 43.** Simulación inicio del sistema 1.

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 43 se observa a la izquierda el simulador del sistema el cual se coloca en RUN para dar arranque a la simulación, seguidamente el bloque EB son las entradas y de cada sensor para cada uno de los salones. Activando la entrada E0.0 del bloque FB1 podemos ver que el bloque da una salida en 1 significando así que el aire del salón se enciende cumpliendo con las condiciones, que el sensor este en activo el cual verifica si se encuentran personas en el salón y una segunda condición que en el horario correspondiente haya clases dando así una salida en 1. Ahora para el FB2 le damos una entrada E0.1 en 1 y nos encontramos que la salida es en 0, lo cual significa que el aire se encuentra apagado ya que no cumple las condiciones, el sensor está en 1 y demuestra que hay personas en el salón, pero si no cumple con el horario de clases el aire acondicionado no enciende.



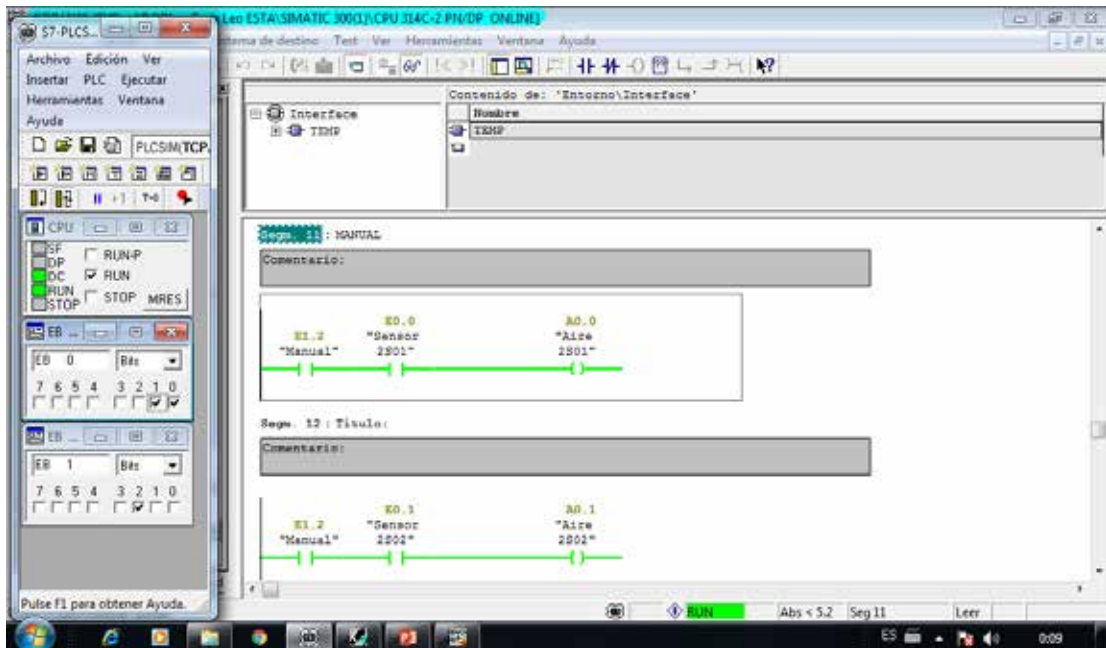
**Figura 44.** Simulación inicio del sistema 2.

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En caso contrario podemos observar la figura 44, la cual especifica que ahora el sensor está en apagado, pero aun así cumpliendo que en ese horario hay clases el aire acondicionado se apaga puesto que en el salón no se detecta personas.

Para el inicio del sistema también se han configurado dos entradas adicionales las cuales son E1.1 y E1.2, siendo estas el botón de automático y manual de sistema

respectivamente, si la entrada E1.1 se encuentra en activo el sistema funciona automáticamente como fue explicado anteriormente, ahora si la entrada E1.1 está en cero y E1.2 se encuentra en 1, el sistema entra en modo manual lo que especifica que el usuario puede apagar y prender el aire acondicionado solo con activar el sensor manualmente (ver figura 45).



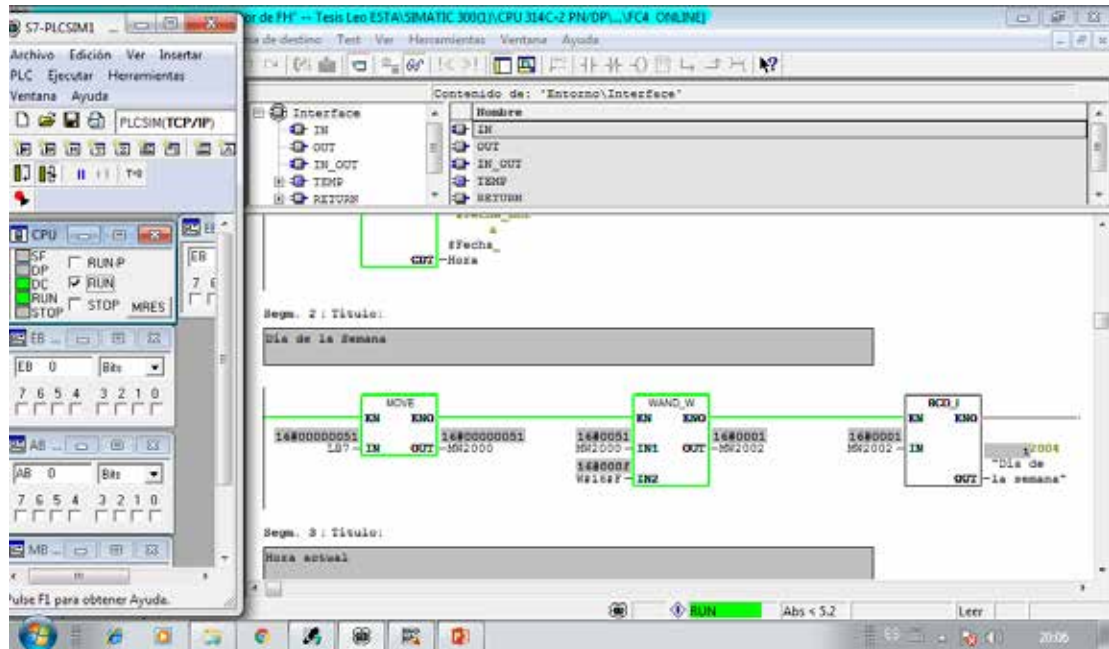
**Figura 45.** Modo manual del sistema

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

#### 4.2.2.2 Simulación de las Funciones del sistema

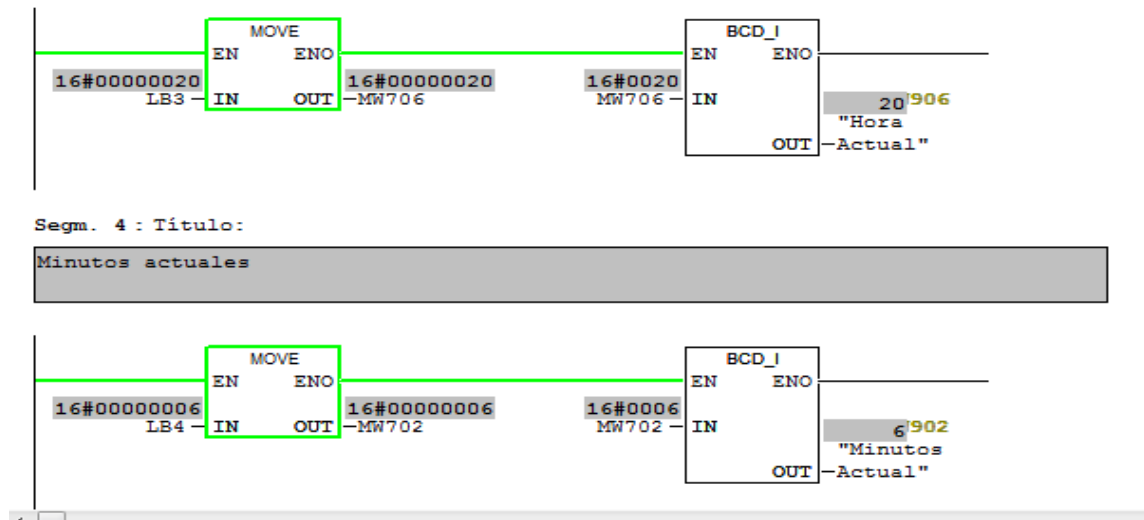
Para la simulación de las funciones tenemos la función FC4 la cual se encarga de leer la fecha y hora otorgada por la PC. Esta función fue explicada anteriormente. En la figura 45 se observa la simulación la cual con SFC1 obtenemos la lectura de fecha y hora, luego tomamos el bit 7 para leer el día de la semana el cual nos da a la salida que el bit es igual a 1, y se verifica que la función está en buen funcionamiento ya que la simulación se realizó el día domingo siendo este día especificado como igual a 1. Seguidamente tenemos la figura 46 la cual especifica los bits 3 y 4 de la fecha y hora, otorgándonos para el bit 3 la hora del sistema siendo este dando el número 20 y concordando con la hora de la PC, y para el bit 4 se refiere a los minutos actuales el

cual da como salida 6. Por lo que se verifica que la función FC4 obtiene la fecha y hora del sistema actualmente y leídos desde la PC.



**Figura 46.** Simulación de la FC4 1

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

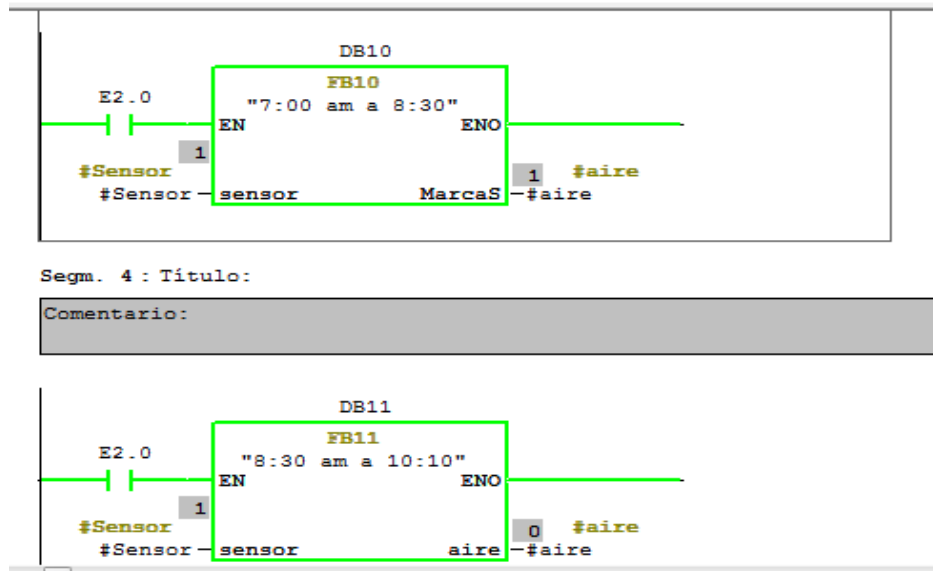


**Figura 47.** Simulación de la FC4 2

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

#### 4.2.2.3 Simulación de los Funciones de Bloques del sistema

##### Bloque FB2



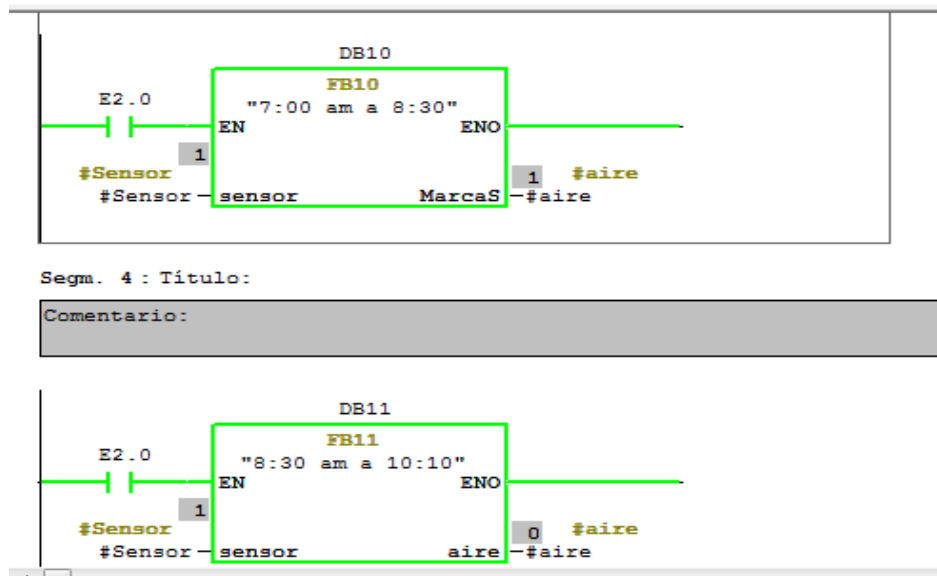
**Figura 48.** Simulación del FB 2  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

Para la simulación del sistema en la parte del FB2 tenemos el llamado de los bloques de funciones FB10, FB11 y así respectivamente para cada horario en que se prende el aire acondicionado. En la figura 47 se puede observar que si la entrada del sensor está en 1 prender el aire en esa hora de 7:00 am a 8:30am la cual se confirma puesto que la simulación fue hecha en esa hora respectivamente. Por el otro la tenemos el bloque FB11 que nos especifica que el aire debe encenderse de 8:30 am a 10:10 am, aunque el sensor detecto personas y se encuentre en su valor lógico 1 la salida no se activa ya que no le corresponde encenderse puesto que la hora del sistema era de las 8:05 am.

### **Bloque FB 18**

En la figura 49 se puede observar la simulación del Bloque de Función FB18 el cual esta específica la simulación de la hora de las 8:00 pm hasta las 8:55 pm, especificado en el horario de la universidad. Dando RUN a la simulación podemos observar en el primer segmento que por ser las 8 horas y 00 minutos el sistema da una marca en 1, luego siendo la marca en 1 entra al siguiente bloque el cual manteniendo

encendido la salida de 0 minutos a 55 minutos. La simulación se hizo específicamente en el FB 18 ya que la hora del sistema correspondía a las 8:45 pm. Dando así la verificación de que cada bloque funciona para cada hora específica en las clases de la universidad UJAP.



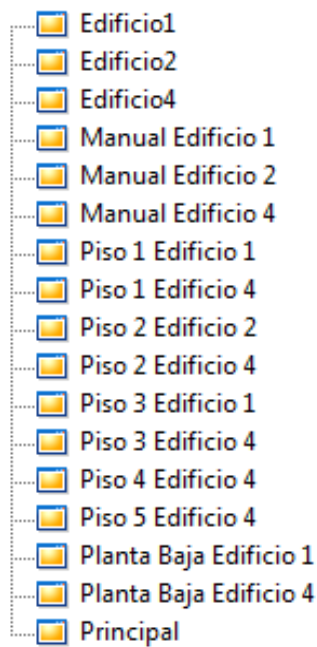
**Figura 49.** Simulación del FB 18  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

### 4.3 Fase III: Desarrollar el sistema SCADA para la automatización del encendido de los aires acondicionados

El diseño del SCADA presentado en este proyecto de investigación se realizó en el programa Intouch (ver apartado 4.1.3.2), el cual cumple con las funciones necesarias por el sistema que se requiere automatizar, esta interfaz cuenta con diferentes imágenes en donde se pueden observar los distintos edificios y cada uno de ellos con sus respectivos pisos, en total cuenta con 17 pantallas las cuales son nombradas a continuación.

- Principal.
- Edificio 1.
- Edificio 2.

Edificio 4.  
Manual del Edificio 1.  
Planta Baja del Edificio 1.  
Piso 1 del Edificio 1.  
Piso 2 del Edificio 1.  
Piso 3 del Edificio 1.  
Manual del Edificio 2.  
Planta Baja del Edificio 2.  
Manual del Edificio 4.  
Piso 1 del Edificio 4.  
Piso 2 del Edificio 4.  
Piso 3 del Edificio 4.  
Piso 4 del Edificio 4.  
Piso 5 del Edificio 4.



**Figura 50.** Pantallas principales de la interfaz SCADA.  
**Fuente:** Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 50 se muestra el diagrama del árbol obtenido en el SCADA con las pantallas nombradas anteriormente.

#### 4.3.1 Inicio del Sistema

En la pantalla principal del SCADA se puede observar en la figura 51, que en la parte izquierda de la pantalla que consta de 3 botones. En donde, el primer botón nos lleva al primer edificio 1 (edificio de ingeniería), el segundo botón nos lleva al edificio 2 (edificio de arquitectura) y el tercer botón nos lleva al edificio 4 (edificio de odontología).



**Figura 51.** Pantalla Principal del SCADA

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

#### 4.3.2 Pantallas principales

##### 4.3.2.1 Edificio 1

Como fue descrito anteriormente en la pantalla principal no dirigimos al botón 1 para acceder al edificio 1, el cual esto nos llevara a una segunda pantalla la cual consta de un panel el que contiene 5 botones cada uno de estos llevándonos a cada piso correspondiente al edificio 1. (Ver figura 52).



**Figura 52.** Edificio 1 del SCADA.

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

Siguiendo lo anterior en la figura 52 podemos dirigirnos a la planta baja del edificio 1 el cual esta pantalla de la interfaz se puede observar en la figura 53.

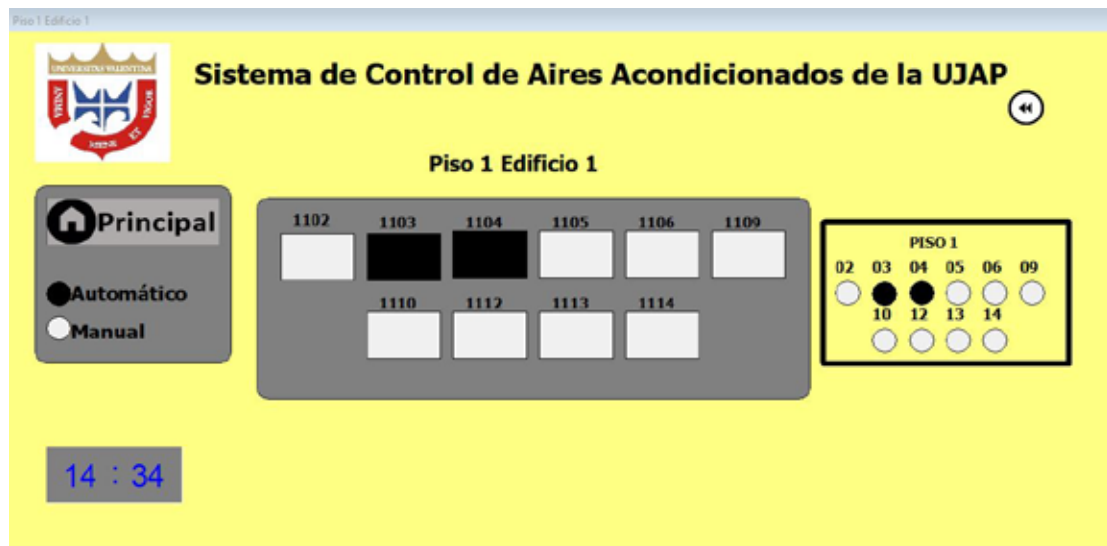


**Figura 53.** Planta Baja Edificio 1

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

La planta baja del edificio 1 contiene 3 paneles, el primer panel es aquel que se encuentra en la parte izquierda de la figura 53 y este consta de un botón para dirigirnos a la pantalla principal y dos botones adicionales para el inicio del sistema, un primer botón que indica si el sistema está en automático y segundo botón para la parte manual del sistema. En la parte central del sistema se puede observar cada salón que conforma la planta baja del edificio 1 y por último en la parte derecha de la figura 53 se encuentra un tercer panel que indicara si los sensores de movimiento se encuentran activos o desactivados pertenecientes a cada salón.

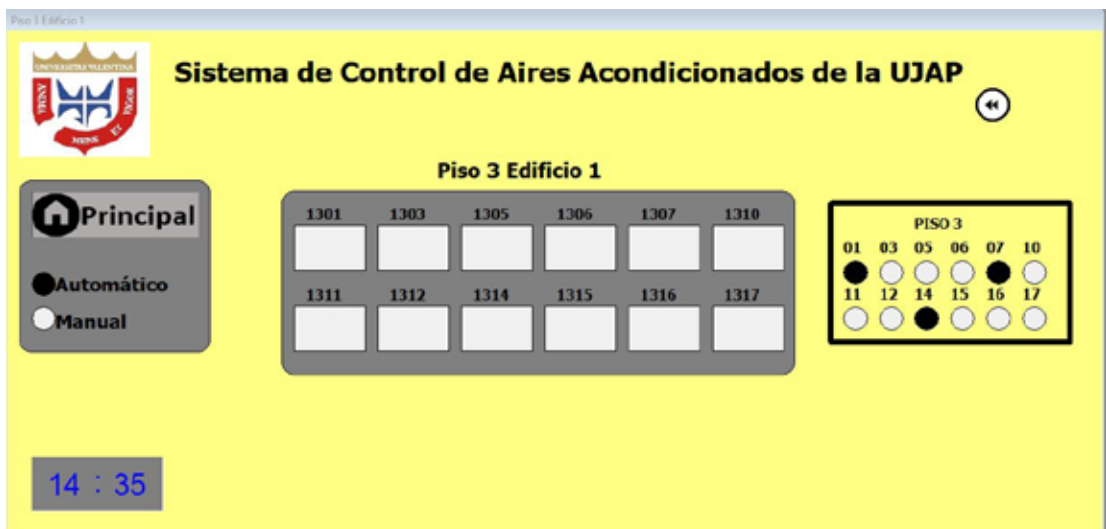
En las siguientes figuras 54, 55 y 56 se puede observar los pisos pertenecientes al edificio 1. Cada una de estas pantallas funciona como la explicada anteriormente, solo que cada una está personalizada por el piso que de cada edificio.



**Figura 54.** Piso 1 Edificio 1.  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

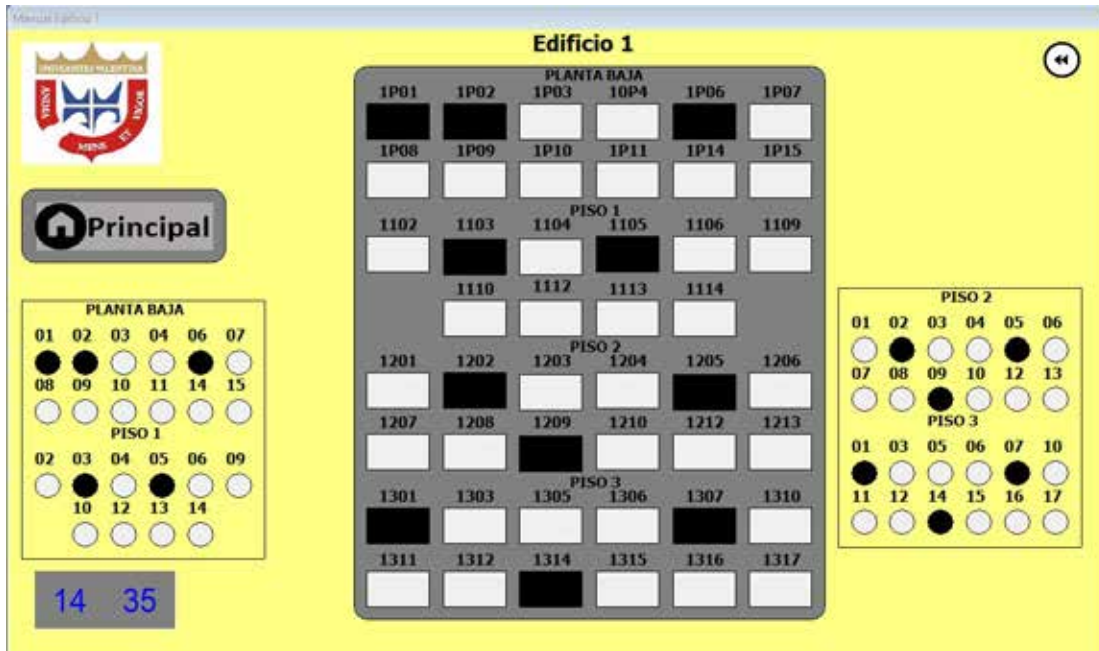


**Figura 55.** Piso 2 Edificio 1.  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)



**Figura 56.** Piso 3 Edificio 1.  
Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

Por último, cada panel principal del edificio nos lleva a la parte manual, el cual este nos permite encender y apagar el aire acondicionado de cada salón manualmente.



**Figura 57.** Sistema Manual Edificio 1.

Fuente: Castillo, Fuenmayor (2019)

En la figura 57 se puede observar la pantalla que describe la parte manual del edificio 1, en el cual se puede observar cada piso perteneciente al edificio 1, y en cada panel se observa las entradas de cada salón. Al hacer clic en cada entrada esta nos permite prender y apagar el aire acondicionado de cada salón manualmente.

El sistema SCADA conforma al menos 17 pantallas y por lo menos 3 edificios anteriormente solo fue explicado el edificio 1, en el anexo D se puede observar toda la interfaz SCADA perteneciente al sistema de control de aires acondicionados de la UJAP y el cual muestra los demás edificios pertenecientes a la universidad.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

A continuación, se presentan las conclusiones más resaltantes del estudio realizado, así como las recomendaciones para futuras investigaciones, con el propósito de avanzar en el sistema de control automatizados de los aires acondicionados de la UJAP.

En el presente trabajo de grado se ha realizado la automatización y diseño de una interfaz SCADA para el control de encendido y apagado de los aires acondicionados de la UJAP. El cual al automatizar este sistema nos permite directamente el control de estos aires por medio de una base de datos que comprende los horarios de cada salón o por medio de un operador utilizando el modo manual del sistema.

El sistema de control planteado en este proyecto de investigación ofrece un control más eficiente para realizar el control de encendido y apagado de cada uno de los aires acondicionados de la UJAP.

Intouch es un software que permite crear aplicaciones de interfaz entre hombre y computadora de manera rápida y fácil, el monitoreo de un determinado proceso el cual lo realiza en tiempo real de acuerdo a las entradas y salidas del sistema.

La interfaz desarrollada cumple con los requerimientos necesarios, ya que a través de esta se puede manejar de manera más rápida y eficaz el control de encendido y apagado de cada uno de los aires acondicionados de la UJAP.

## **5.2 Recomendaciones**

La principal recomendación es la implementación del sistema propuesto en el presente trabajo de investigación, ya que esto disminuiría el consumo eléctrico de la UJAP y aumentaría el rendimiento del Chiller.

Realizar la programación de un sistema de registro de usuarios, que permita seleccionar las acciones que puede hacer cada usuario en todo el sistema.

Automatizar todo el control de encendido y apagado de los aires acondicionados de la UJAP.

Generar una pantalla para realizar la carga de horarios directamente de la interfaz del SCADA.

Diseñar una aplicación Android para el monitoreo del sistema por la mayoría de los operadores.

## REFERENCIAS

### **Bibliográficas**

- Arias, F. (1999). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica**. 3ra Edición. Caracas: Editorial Episteme.
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas: Editorial Episteme.
- Dubs de Moya, R. (2002). **El Proyecto Factible: una modalidad de investigación**. Caracas, Venezuela.
- Franco, I. (2018). **Propuesta de mejora del proceso de distribución de agua mediante la implementación de un sistema automatizado para la empresa Colgate-Palmolive Company**. Carabobo: Editorial UJAP
- Hurtado, J. (2007). **El proyecto de investigación**. Caracas: Editorial Quirón.
- Mijares, H y García, L. (2007). **Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado**. Carabobo: Editorial UJAP . nCaracas: Editorial Fedupel.
- Sabino, C. (1996). **Introducción a la Metodología de Investigación**. Caracas: Editorial: Panapo.
- Tamayo, M. (1998). **El proceso de la investigación científica**. 3ra edición. México: Editorial Limusa.
- Perez. M. (2012). **Configuración de un PLC**. México. Editorial BMJ.

### **Electrónicas**

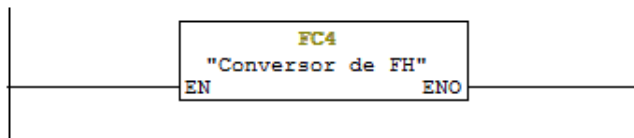
- Aguilera, P (2002). **Programación de PLC**. Recuperado en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Pérez, H. (2015). **Simulación y control de la temperatura dentro de un invernadero**. Recuperado en:  
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11329/1/AC-ESPEL-EMI-0295.pdf>

Ramos, Franco (2018). **Propuesta de mejora del proceso de distribución de agua mediante la implementación de un sistema automatizado para la empresa colgate-palmolive company**. Recuperado en:  
**<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/9294/ContrerasHurtadoJuanJose2013.pdf;jsessionid=8B8F6719F0983D83E2EA5922851F8A89?sequence=2>**

## **ANEXO**

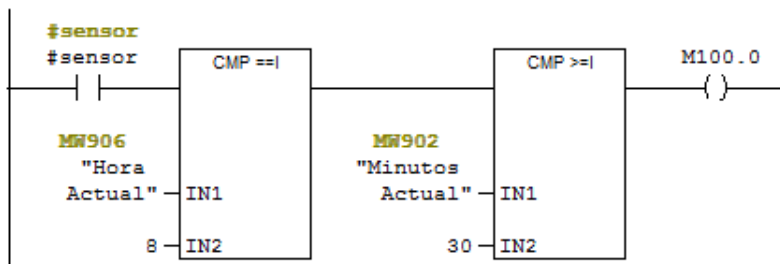
## ANEXO A. Bloques de funciones de los Horarios.

### Bloque de Horario de 8:30 a 10:10 am



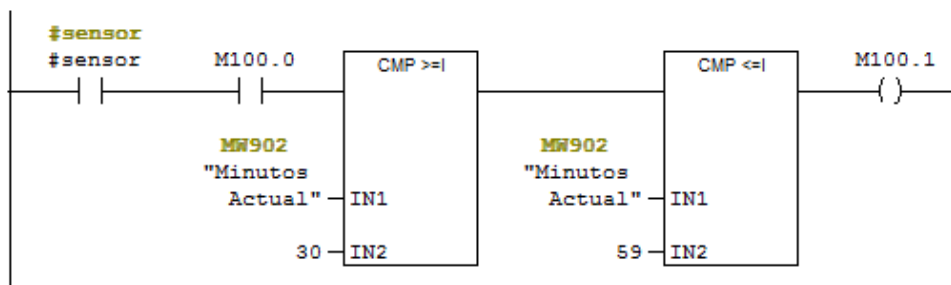
Segm. 2 : Título:

Comentario:



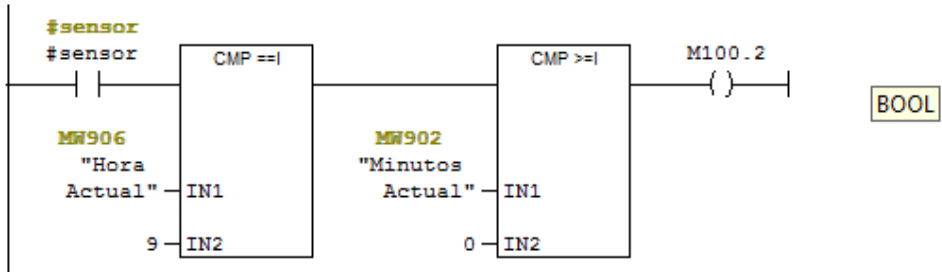
Segm. 3 : Título:

Comentario:



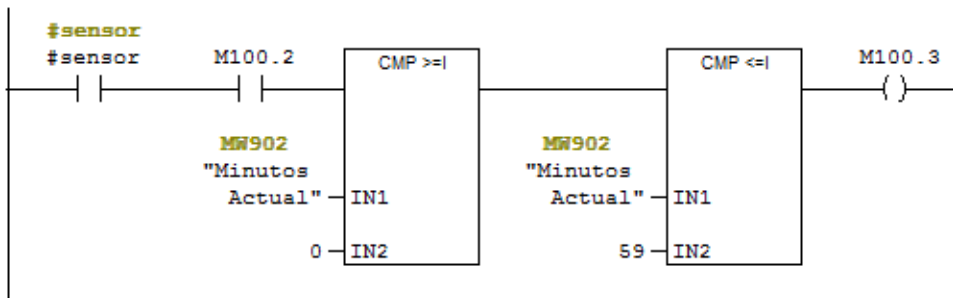
Segm. 4: Título:

Comentario:

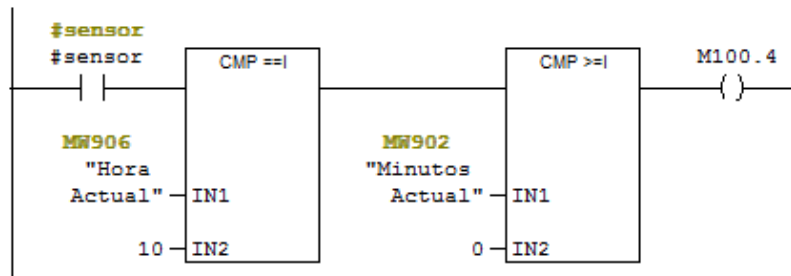


Segm. 5 : Título:

Comentario:

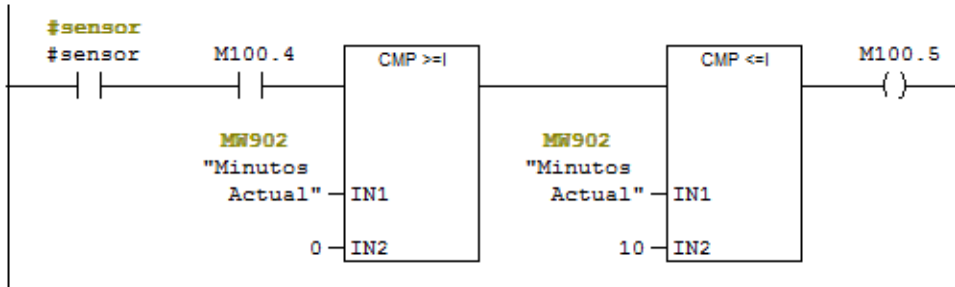


Comentario:



Segm. 7 : Título:

Comentario:

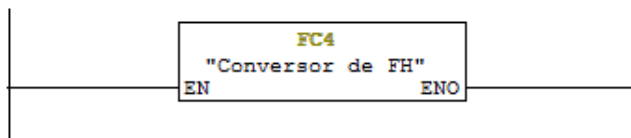


Segm. 8 : Título:

Comentario:

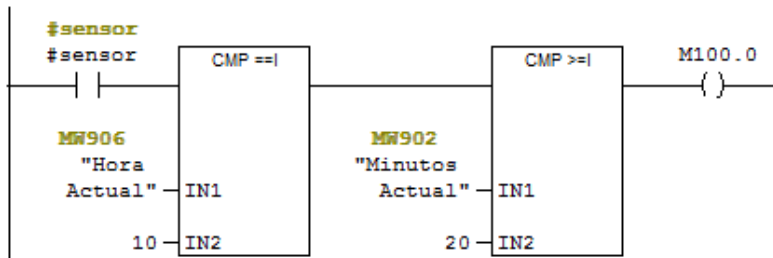


### Bloque de Horario de 10:20 a 11:50 am



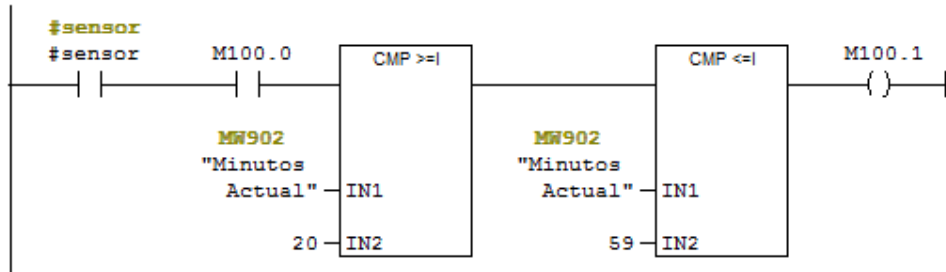
Segm. 2 : Título:

Comentario:



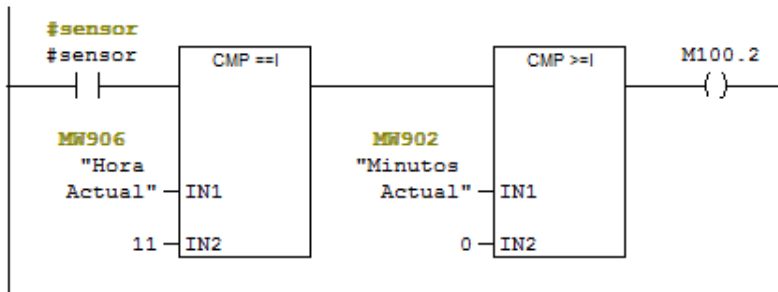
Segm. 3 : Título:

Comentario:



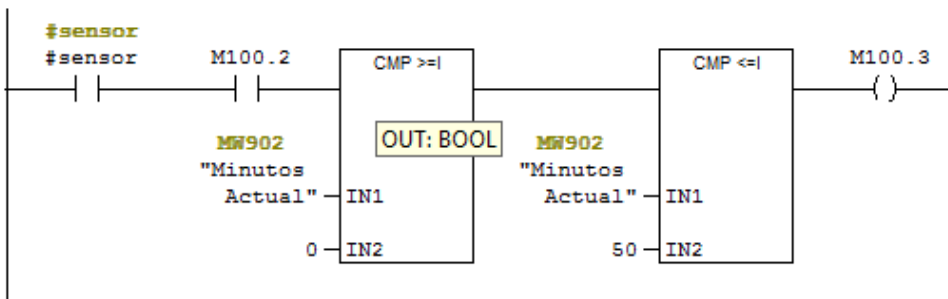
Segm. 4 : Título:

Comentario:



Segm. 5 : Título:

Comentario:

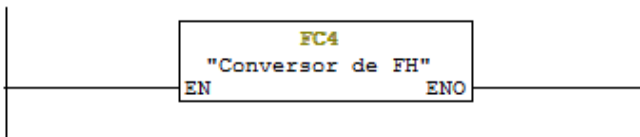


Segm. 6 : Título:

Comentario:

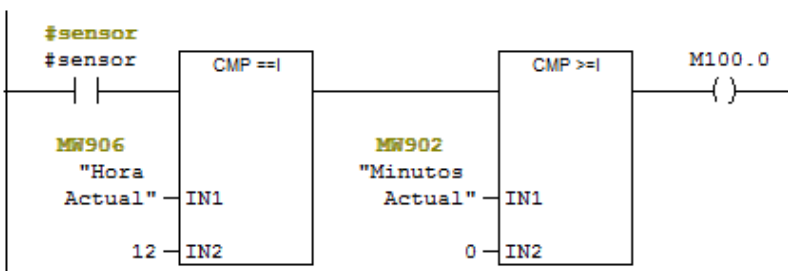


### Bloque de Horario de 12:00 a 1:30 pm



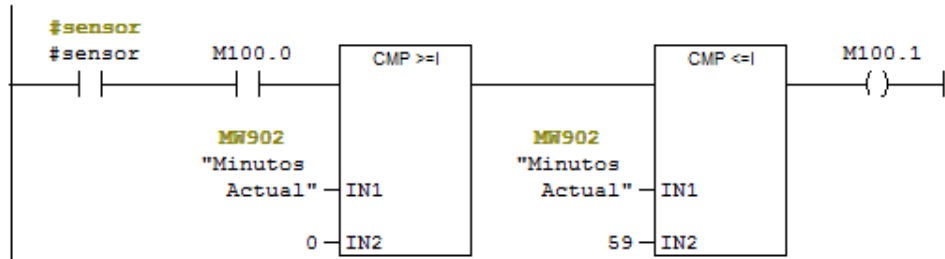
Segm. 2 : Título:

Comentario:



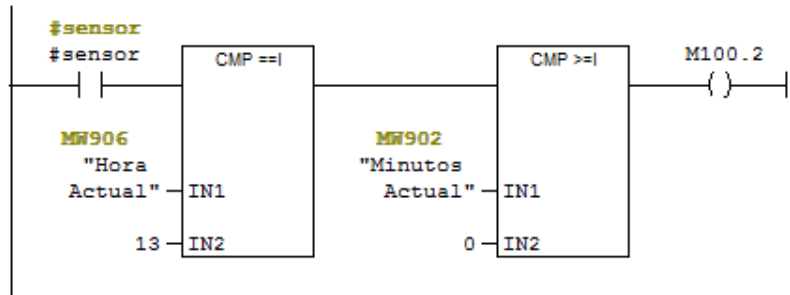
Segm. 3 : Título:

Comentario:



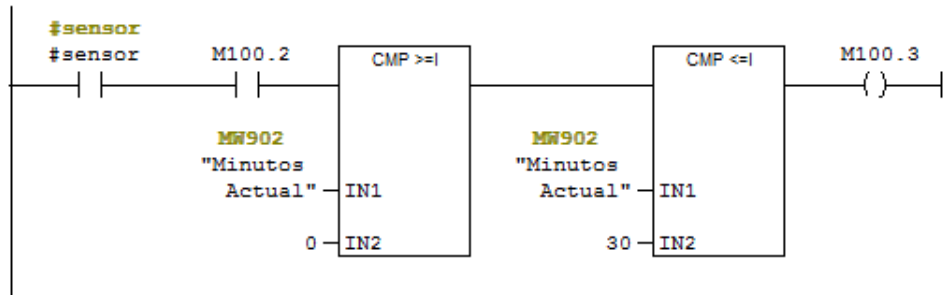
Segm. 4 : Título:

Comentario:



Segm. 5 : Título:

Comentario:

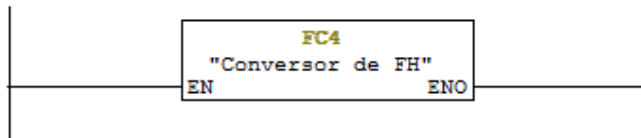


Segm. 6 : Título:

Comentario:

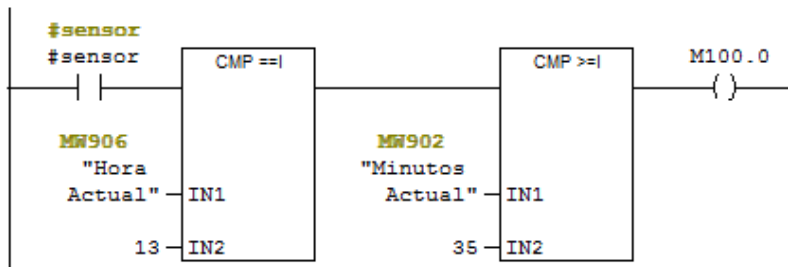


### Bloque de Horario de 1:35 a 3:05 pm



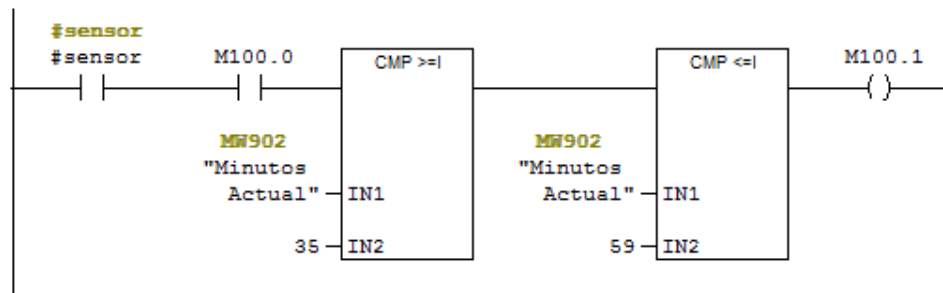
Segm. 2 : Título:

Comentario:



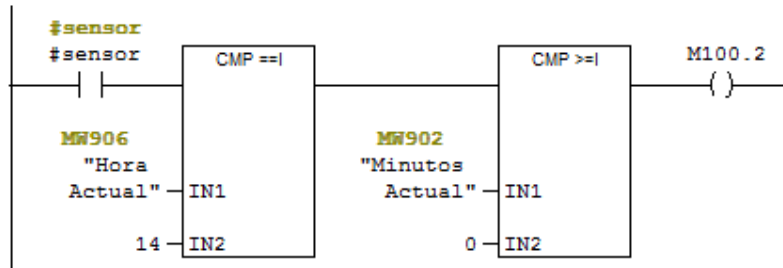
Segm. 3 : Título:

Comentario:



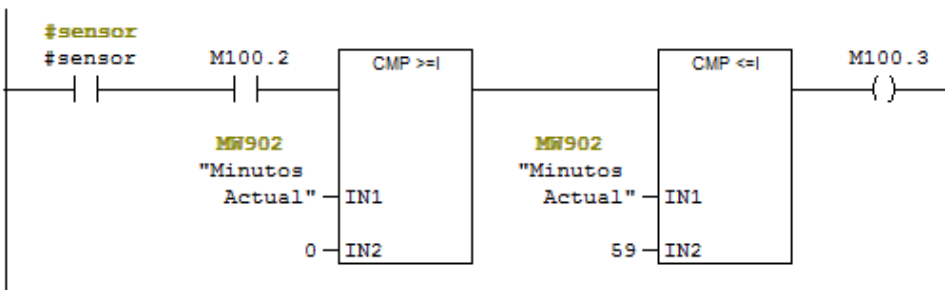
Segm. 4 : Título:

Comentario:



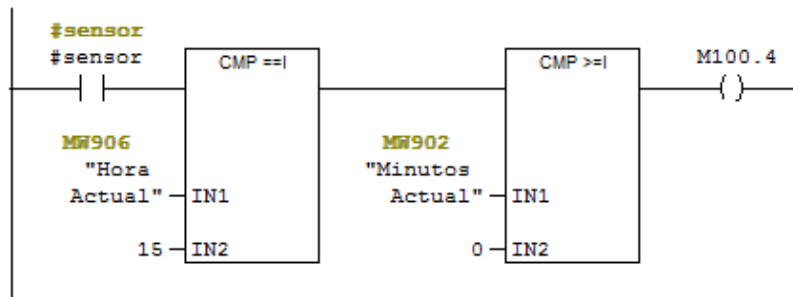
Segm. 5 : Título:

Comentario:



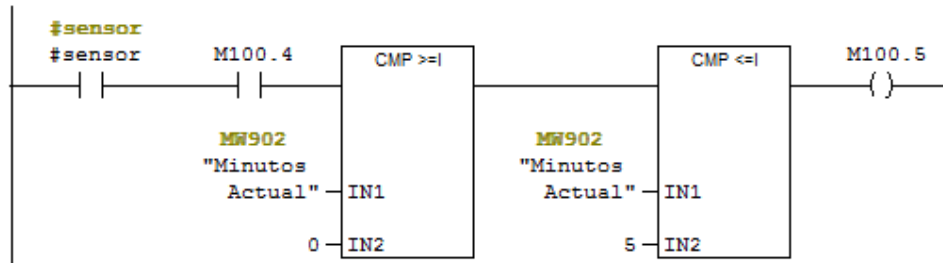
Segm. 6 : Título:

Comentario:



Segm. 7 : Título:

Comentario:



Segm. 8 : Título:

Comentario:

