



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**“EDIFICIO INTELIGENTE” DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DEL EDIFICIO T-1
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Wualfred Antonio Alvarado Vargas

Asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez García

Guatemala, abril de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“EDIFICIO INTELIGENTE” DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DEL EDIFICIO T-1
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTANDO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

WUALFRED ANTONIO ALVARADO VARGAS

ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOMÉ RODRÍGUEZ GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Eliza Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Manuel Fernando Barrera Pérez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

“EDIFICIO INTELIGENTE” DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DEL EDIFICIO T-1 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 3 de septiembre de 2004.

Wualfred Antonio Alvarado Vargas

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Mis Padres

German Alvarado Valdez

Ana Maria Vargas de Alvarado

Mis Abuelos

Escolástico Alvarado Duarte (Q.E.P.D)

Natalia Valdez Batres de Alvarado

Jesús Mario Vargas Vargas (Q.E.P.D)

Rosa Elena Estrada Aldana (Q.E.P.D)

Justina Vargas de Vargas (Q.E.P.D)

Pedro Vargas Morales (Q.E.P.D)

Mis Hermanos

German Alexander Alvarado Vargas

David Estuardo Alvarado Vargas

DEDICATORIA A:

Dios	Por darme la vida y guiarme en todo momento. Porque sin la ayuda de el no podría logran ninguna de las metas que me he propuesto.
Mi país	Guatemala, (puro chapín)
Mi universidad	San Carlos de Guatemala
Mi facultad	Ingeniería

Y a todos mis amigos que de una u otra forma me han ayudado a lo largo de toda mi carrera universitaria, y que sin la ayuda de ellos no hubiese podido llegar a graduarme.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XII
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. EDIFICIOS INTELIGENTES	1
1.1 Domótica	1
1.1.1 Diferencias entre domótica y edificio inteligente	4
1.1.1.1 Aspectos comunes	4
1.1.1.2 Diferencias fundamentales	5
1.2 Edificios Inteligentes	5
1.2.1 Divisiones de una arquitectura inteligente	7
1.2.2 Características	9
1.2.3 Grados de inteligencia	9
1.2.3.1 Grado 1	9
1.2.3.2 Grado 2	10
1.2.3.3 Grado 3	10
1.2.4 Fases de desarrollo	11
1.2.4.1 Fase proyectual	11
1.2.4.2 Fase constructiva	12
1.2.4.3 Fase operativa	12
1.2.5 Beneficios del Edificio Inteligente	12

1.2.6	Ventajas e inconvenientes de los edificios inteligentes.	13
1.2.6.1	Ventajas	13
1.2.6.2	Inconvenientes	14
1.2.7	Aplicación actual	14
2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL EDIFICIO T1	17
2.1	Características Físicas y Técnicas del Primer nivel del Edificio T1	17
2.2	Características Físicas y Técnicas del Segundo nivel del Edificio T118	
2.3	Características Físicas y Técnicas del Tercer nivel del Edificio T1	19
2.4	Resumen de la situación actual del edificio T1	21
3.	ELEMENTOS DE CONTROL DE UN EDIFICIO INTELIGENTE	29
3.1	Principios generales de los transductores	29
3.1.1	Transductor	29
3.1.2	Efecto Hall	31
3.1.3	Efecto Fotoeléctrico	32
3.2	Medidor de Caudal con Paleta Rotatoria	34
3.2.1	Descripción	34
3.2.2	Detalles técnicos	35
3.2.2.1	Frecuencia de salida	35
3.2.2.2	Salida analógica (opción de pantalla enchufable)	35
3.2.2.3	Electrónica compacta	36
3.2.2.4	Indicador de manecilla con salida analógica	36

3.3 Sensor de Movimiento y Presencia	36
3.3.1 Características Técnicas	37
3.4 Detector de Humo y Calor	38
3.4.1 Características técnicas	39
3.5 Contacto magnético de superficie	40
3.5.1 Características Técnicas	40
3.6 Sensor de Luminosidad	41
3.6.1 Características Técnicas	41
3.7 Electroválvula de agua	42
3.8 PLC SIMATIC marca SIEMENS	43
3.8.1 Editor KOP (Esquema de contactos)	44
3.8.2 Editor FUP (Diagrama de funciones)	46
3.8.3 Editor AWL (Lista de instrucciones)	47
4. DISEÑO DEL SISTEMA “EDIFICIO INTELIGENTE” PARA EL EDIFICIO T1.	49
4.1 Diseño de encendido automático de luces	49
4.2 Diseño de detección de humo y control de rociadores	52
4.3 Diseño de Control de Caudal de Sanitarios	54
4.4 Diseño de control de persianas	58
4.5 Diseño de control de puertas	62

5.	ANÁLISIS DE AHORRO DE RECURSOS (AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA) EN COMPARACIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL	65
5.1	Presupuesto del proyecto para la automatización del edificio T1	65
5.2	Cálculo de la pérdida de recursos (agua y energía eléctrica) en el Edificio T1 y recuperación de la inversión	66
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Domótica.	3
2	Plano del primer nivel del edificio T-1	23
3	Plano del segundo nivel del edificio T-1	25
4	Plano del tercer nivel del edificio T-1	27
5	Transductor	29
6	Efecto Hall	32
7	Efecto Fotoeléctrico	33
8	Medidor de caudal	35
9	Sensor de movimiento	37
10	Cobertura del sensor de movimiento	38
11	Detector de humo	39
12	Contacto magnético de superficie	40
13	Sensor de Luminosidad	41
14	Electroválvula	43
15	Programación KOP	44
16	Programación FUP	47
17	Diagrama bloques encendido de luces	49
18	Programa del PLC de encendido de luces	50
19	Interfase PLC y carga eléctrica	51
20	Diagrama bloques detección de humo y control de rociadores	52
21	Programa del PLC detección de humo y control de rociadores	53
22	Interfase PLC y bomba de agua	54

23	Diagrama bloques control de caudal de sanitarios.	55
24	Programa PLC de control de caudal de sanitarios.	56
25	Circuito de acople entre PLC y electroválvula de control de tiempo de flujo de agua	57
26	Circuito de acople entre PLC y electro válvula de control de fugas de agua	58
27	Diagrama de bloque de control de persianas.	59
28	Programa PLC de control de persianas	60
29	Circuito de acople entre PLC y motor de apertura de persiana	61
30	Circuito de acople entre PLC y motores de cierre de persiana	61
31	Diagrama de bloque de control de puertas.	62
32	Programa PLC de control de puertas	63

TABLA

I	Descripción del Primer Nivel del edificio T1	21
II	Descripción del Segundo Nivel del edificio T1	21
III	Descripción del Tercer Nivel del edificio T1	19
IV	Descripción actual de los baños del edificio T1	22
V	Presupuesto del proyecto	65
VI	Calculo de ahorro de energía eléctrica	66
VII	Calculo de ahorro de energía anual	67

GLOSARIO

Domótica	Es el término "científico" que se utiliza para denominar la parte de la tecnología (electrónica e informática), que integra el control y supervisión de los elementos existentes en un edificio de oficinas, viviendas o simplemente en cualquier hogar, que utilice cualquier sistema inteligente.
Inteligencia artificial	Término que, en su sentido más amplio, indicaría la capacidad de un artefacto de realizar los mismos tipos de funciones que caracterizan respuestas humanas.
Software	Programas de computadoras. Son las instrucciones responsables de que el hardware (la máquina) realice su tarea.
PLC	Representado por sus siglas en inglés que significa Controlador Lógico Programable Central, es un controlador que se puede programar para que realice las tareas asignadas.

Automatización	Sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana.
Transductor	Dispositivo al que se aplica una energía de entrada y devuelve una energía de salida; esta energía de salida suele ser diferente al tipo de energía de entrada.
Range	Es el margen entre los valores mínimos y máximo de la magnitud física medida por el transductor.
Semiconductor	Material sólido o líquido capaz de conducir la electricidad de un medio a otro, lo realiza mejor que un aislante, pero peor que un metal.
LED	Diodos emisores de luz (LED, acrónimo inglés de <i>Light-Emitting Diode</i>), una tensión aplicada a la unión del semiconductor da como resultado la emisión de energía luminosa.
Resistencia	Propiedad de un objeto o sustancia que hace que se resista u oponga al paso de una corriente eléctrica.
Fotorresistencia	Dispositivo electrónico que varía su resistencia en función de la luz que reciben.

Watts	La potencia es una indicación de la cantidad de trabajo (la conversión de energía de una forma a otra) que se puede hacer en una cantidad de tiempo, o sea un índice de realización de trabajo.
Electroválvula	Electroválvula de paso de agua es una válvula la cual es accionada por medios eléctricos, que permite o no el paso de líquidos.
CPU	Unidad central de proceso o UCP (conocida por sus siglas en inglés, CPU), es un circuito integrado o conjunto de circuitos integrados que interpretan y ejecutan instrucciones.
AM	(módulo análogo) Módulo programable en un PLC para que procese o ejecute señales análogas.
Señal analógica	Señal cuyos valores de amplitud en el tiempo responden a valores de amplitud continuos en el tiempo.
PC	Del inglés Personal Computer dispositivo electrónico capaz de recibir un conjunto de instrucciones y ejecutarlas realizando cálculos sobre los datos numéricos, o bien compilando y correlacionando otros tipos de información.
Triac	Dispositivo electrónico que puede controlar corriente eléctrica de forma bidireccional por medio de una señal de control.
Relé	Conmutador eléctrico especializado que permite controlar un dispositivo de gran potencia mediante un dispositivo de potencia mucho menor.

Voltio	Unidad que mide la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.
Amperio	Unidad básica de intensidad de corriente eléctrica, cuyo símbolo es A,
Emule	Imitar las acciones de otro procurando igualarlas.

RESUMEN

Las instalaciones eléctricas en edificios comprenden una serie de sistemas que van mas allá de la iluminación y la fuerza motriz. Así se pueden encontrar sistemas de audio, TV, video, comunicaciones, acondicionamiento de ambientes, computación, seguridad contra intrusos, puertas y persianas automáticas, alarmas contra incendio, etcétera.

Para que los servicios no operen como subsistemas independientes, que se reporten fallas entre sí para luego armar un rompecabezas, ha ido surgiendo una natural evolución hacia una mayor integración entre los distintos sistemas componentes, dando lugar a un concepto global que se conoce como automatización de edificios, que aparece como la tecnología emergente del momento.

El edificio inteligente es aquél que por si mismo puede crear condiciones personales, ambientales y tecnológicas para incrementar la satisfacción y productividad de sus ocupantes, dentro de un ambiente de máximo confort y seguridad, sumado al ahorro de recursos energéticos a partir del monitoreo y control de los sistemas comunes del edificio.

Para logra este tipo de automatización dentro de un edificio es necesario utilizar un sistema de control, y que además pueda ser programarle, con el objeto de crear mediante dicha programación cierto grado de inteligencia con la cual el sistema pueda tomar decisiones ya predeterminadas.

Y dichas características se pueden lograr con los PLC SIMATIC marca SIEMENS los cuales ofrecen numerosos tipos de operaciones que permiten solucionar una gran variedad de tareas de automatización. El software de programación STEP 7-Micro/WIN 32 permite elegir entre diferentes editores para crear programas de control utilizando dichas operaciones.

Este tipo de tecnología combinado con sensores y actuadores se puede crear un sistema de automatización bastante inteligente o que puede tomar decisiones muy válidas, según programación.

OBJETIVOS

General

Presentar el diseño de un edificio inteligente con un grado de inteligencia igual a uno.

Específico

1. Presentar un análisis de ahorro energético en las instalaciones del edificio T1.
2. Diseñar un sistema de edificio inteligente con el cual se podrá tener mayor seguridad en las instalaciones.
3. Presentar un diseño de un edificio saludable y con mayor confort.

INTRODUCCIÓN

Hablar de computación implica, hoy en día, hacerlo del área industrial más vivaz y combatiente. Su gran desarrollo se ha generado a partir de las crecientes necesidades del hombre por entender y modificar su entorno. En todos los países, sin excepción, ya muchos servicios públicos y la mayoría de las actividades industriales tienen relación directa con la computación. En este contexto, la infraestructura inmobiliaria, no podía quedarse en rezago.

Los edificios han tenido que cambiar la concepción de sus estructuras para estar en condiciones de albergar la evolución de los tiempos, y estar en posición de satisfacer las necesidades del hombre de hoy.

El concepto de Edificio Inteligente, surgió hace menos de 10 años y atrajo inmediatamente la atención de los profesionales de la construcción y, por supuesto, del mercado inmobiliario en general.

El Edificio Inteligente se define como una estructura que facilita a usuarios y administradores, herramientas y servicios integrados a la administración y comunicación. El concepto de Edificio Inteligente propuso por primera vez, la integración de todos los sistemas existentes dentro del edificio, tales como teléfono, comunicaciones por computadora, seguridad, control de todos los subsistemas del edificio (calefacción, ventilación y aire acondicionado) y todas las formas de administración de energía.

Este concepto de edificio inteligente surgió la idea de diseñar un sistema de edificio inteligente tomando como referencia el edificio T1 de la Universidad de

San Carlos de Guatemala, teniendo como objetivo una inteligencia mínima o básica es decir un sistema básico de automatización del edificio, el cual no está integrado, en otras palabras existe una automatización de la actividad y los servicios, aunque no están integrados.

1. EDIFICIOS INTELIGENTES

1.1 Domótica

La enciclopedia Larousse define el término domótica como: "El concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones, etc.". Es decir, el objetivo es asegurar al usuario de la vivienda un aumento del confort, de la seguridad, del ahorro energético y de las facilidades de comunicación. En Francia, muy amantes de adaptar términos propios a las nuevas disciplinas, se acuñó la palabra "Domotique", contracción de las palabras "domo" e "informatique".

Domótica es el término "científico" que se utiliza para denominar la parte de la tecnología (electrónica e informática), que integra el control y supervisión de los elementos existentes en un edificio de oficinas, viviendas o simplemente en cualquier hogar. También, un término muy familiar para todos es el de "edificio inteligente" que aunque viene a referirse a la misma cosa, normalmente tendemos a aplicarlo más al ámbito de los grandes bloques de oficinas, bancos, universidades y edificios industriales.

El uso de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) en la vivienda genera nuevas aplicaciones y tendencias basadas en la capacidad de proceso de información y en la integración y comunicación entre los equipos e instalaciones. Así concebida, una vivienda inteligente puede ofrecer una amplia gama de aplicaciones en áreas tales como:

- Seguridad
- Gestión de la energía
- Automatización de tareas domésticas
- Formación, cultura y entretenimiento
- Monitorización de salud
- Comunicación con servidores externos
- Ocio y entretenimiento
- Operación y mantenimiento de las instalaciones, etc.

La definición de vivienda domótica o inteligente presenta múltiples versiones y matices. También aquí son diversos los términos utilizados en distintas lenguas: "casa inteligente" (smart house), automatización de viviendas (home automation), domótica (domotique), sistemas domésticos (home systems), etc.

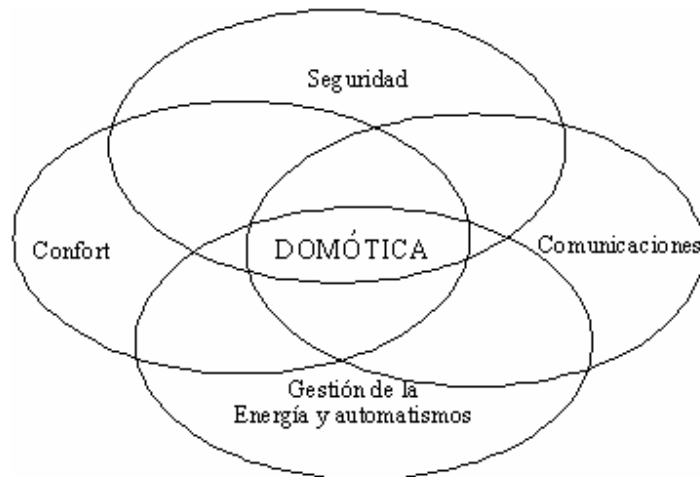
De una manera general, un sistema domótico dispondrá de una red de comunicación que permite la interconexión de una serie de equipos a fin de obtener información sobre el entorno doméstico y, basándose en ésta, realizar unas determinadas acciones sobre dicho entorno.

Los elementos de campo (detectores, sensores, captadores, actuadores, etc.), transmitirán las señales a una unidad central inteligente que tratará y elaborará la información recibida. En función de dicha información y de una determinada programación, la unidad central actuará sobre determinados circuitos de potencia relacionados con las señales recogidas por los elementos de campo correspondientes.

En este sentido, una vivienda domótica se puede definir como: "aquella vivienda en la que existen agrupaciones automatizadas de equipos, normalmente asociados por funciones, que disponen de la capacidad de comunicarse interactivamente entre sí de un bus doméstico multimedia que las integra". O también podemos definirla como el "conjunto de servicios proporcionados por sistemas tecnológicos integrados, con el fin de satisfacer las necesidades de

comunicación, seguridad, gestión de la energía y confort, del hombre y de su entorno más cercano”. (ver figura 1).

Figura 1. Domótica



Hay que hacer hincapié en la palabra “integración”, ya que estas necesidades deben satisfacerse de forma global, y en conjunto. Es decir, deben existir los cuatro sistemas básicos, y deben estar completamente integrados.

Un ejemplo que aclara este concepto es la detección de un incendio, ante la cual se procede a una desconexión automática de la red eléctrica, se realizan una serie de llamadas de aviso, se disparan las alarmas, se accionan los extintores, etc. Esto es posible si todo el sistema está integrado; si no es así, simplemente se tratará de actividades automatizadas aisladas, pero no será domótica.

Existen diferentes razones por las que se tiende a crear un edificio inteligente: en Estados Unidos el uso de nuevas tecnologías tiene lugar por razones puramente económicas; en Japón se tiende a la súper tecnificación; en Europa, sumándose a los objetivos técnico-económicos, se le está dando mucha importancia a la ecología, la salud y el bienestar de los ocupantes, así como a los aspectos organizativos.

Desde un punto de vista más general, los objetivos y criterios de esta técnica se pueden resumir de la siguiente forma:

1. La productividad y seguridad de las personas que habitan y trabajan en tales edificios puede ser mejorada, por una oportuna concepción y uso de las últimas tecnologías, sin perjudicar la salud y el bienestar.
2. Todos los recursos (dinero, materias primas, energía, trabajo) deben ser desplegados tan eficientemente como sea posible.
3. Los edificios deben ser altamente flexibles y variables, por ejemplo, capaces de adaptarse a cambios condicionados por el uso, con mínimos problemas de organización y construcción.

1.1.1 Diferencias entre domótica y edificio inteligente

Se podría decir, en una definición simplista, que la domótica es el edificio inteligente a menor escala, pero existen algunos aspectos comunes y diferencias entre ambos.

1.1.1.1 Aspectos comunes

- Los mecanismos y sistemas (en mayor o menor proporción) son los mismos para un edificio doméstico y para un gran edificio inteligente o de servicios.
- Los proveedores, instaladores y servicios posventa los realizan las mismas empresas.
- Los dos carecen totalmente de normativas y reglamentaciones que controlen la calidad del producto, a excepción de la prohibición que existe en algunos países europeos, de utilizar los mismos aparatos de control para sistemas de seguridad contra incendios y para otros servicios.

1.1.1.2 Diferencias fundamentales

- El tamaño y el nivel de inteligencia.
- Fases de evolución diferentes: el edificio inteligente existe y está ya en pleno crecimiento; estando en una fase mucho menos avanzada la domótica.
- Los usuarios finales, así como sus motivaciones son distintas. El usuario de la domótica busca fundamentalmente el confort y la seguridad, mientras que en los edificios inteligentes las principales inquietudes del usuario están orientadas hacia la rentabilidad, la productividad, el ahorro, la flexibilidad y la seguridad, sin desechar el confort.
- Las necesidades que solicitan y los servicios a cubrir, así como las posibilidades de amortización de la inversión, son distintas en ambos casos.

1.2 Edificios Inteligentes

El desarrollo e Implementación de la inteligencia de un edificio tiene como objetivo primordial el confort y la seguridad de las personas que habitan o trabajan en el mismo. Protegiendo física y psicológicamente el entorno humano circundante. Es muy difícil dar con exactitud una definición sobre un edificio inteligente, por lo que se citarán diferentes conceptos, de acuerdo a la compañía, institución o profesional de que se trate.

Intelligent Building Institute (IBI), Washington, D.C., E.U.

Es edificio que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Ayudan a los

propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización.

Compañía Honeywell, S.A. México, D.F.

Se considera como edificio inteligente aquél que posee un diseño adecuado que maximiza la funcionalidad y eficiencia en favor de los ocupantes, permitiendo la incorporación y/o modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana, con la finalidad de lograr un costo mínimo de ocupación, extender su ciclo de vida y garantizar una mayor productividad estimulada por un ambiente de máximo confort.

Compañía AT&T, S.A. México, D.F.

Un edificio es inteligente cuando las capacidades necesarias para lograr que el costo de un ciclo de vida sea el óptimo en ocupación e incremento de la productividad, sean inherentes en el diseño y administración del edificio.

En un criterio mas general un edificio inteligente es el cual su regularización, supervisión y control del conjunto de las instalaciones eléctricas y de seguridad, entre otras, se realizan en forma integrada y automatizada, con la finalidad de lograr una mayor eficacia operativa y, al mismo tiempo, un mayor confort y seguridad para el usuario, al satisfacer sus requerimientos presentes y futuros. Esto sería posible mediante un diseño arquitectónico totalmente funcional, modular y flexible, que garantice una mayor estimulación en el trabajo y, por consiguiente, una mayor producción laboral.

Hablar de computación implica, hoy en día, hacerlo del área industrial más vivaz y combatiente. Su gran desarrollo se ha generado a partir de las crecientes necesidades del hombre por entender y modificar su entorno. En todos los países,

sin excepción, ya muchos servicios públicos y la mayoría de las actividades industriales tienen relación directa con la computación. En este contexto, la infraestructura inmobiliaria, no podía quedarse en rezago.

Los edificios han tenido que cambiar la concepción de sus estructuras para estar en condiciones de albergar la evolución de los tiempos, y estar en posición de satisfacer las necesidades del hombre de hoy.

Una característica común de los Edificios Inteligentes es la flexibilidad que deben tener para asumir modificaciones de manera conveniente y económica, esto es, la integración de nuevas tecnologías, actualización de equipos.

Existe un número importante de los denominados edificios inteligentes: "NEC SUPER TOWER" en Tokio, Japón y las construcciones de la EXPO '92, conjunto de edificios en los que se llevó a cabo la Exposición Universal de 1992 en Sevilla, España, son algunos de ellos.

Desde el punto de vista computacional, el término Edificio Inteligente sugiere la presencia de sistemas basados en técnicas de inteligencia artificial, programados, capaces de Tomar las decisiones necesarias en un caso de emergencia, predecir y auto diagnosticar las fallas que ocurran dentro del edificio, tomar las acciones adecuadas para resolver dichas fallas en el momento adecuado, monitorear y controlar las actividades y el funcionamiento de las instalaciones del edificio.

1.2.1 Divisiones de una arquitectura inteligente

Ya sea una vivienda un edificio o cualquier edificación inteligente, esta se divide en:

a) El Nivel Físico donde se tienen todos los dispositivos, tales como: sensores de temperatura, humedad, detectores de fuego y sismos; alarmas, controles de acceso, lámparas; además de los aparatos de automatización de oficinas y todos

los elementos electrónicos, conectados a una red interna de comunicaciones del edificio.

b) Un Sistema de Monitores que verifica el buen funcionamiento, almacenando información en una base de datos, misma que se utiliza posteriormente para generar reportes.

c) Un Sistema Evaluativo que analiza la Información proveniente del monitoreo, y con base en la cual, toma las decisiones pertinentes, ordenando ciertas acciones en caso necesario.

d) La Unidad de Control Inteligente, cuya misión es supervisar y decidir el sentido del funcionamiento de las instalaciones del edificio. En este nivel, se pueden aplicar las técnicas de Inteligencia Artificial. Mediante esta unidad, es posible ofrecer al usuario, control total de los dispositivos y generar sugerencias sobre cómo resolver las problemáticas. Tales propuestas pueden ser producidas por Sistemas Expertos u otros Sistemas Inteligentes.

La centralización de datos en edificios inteligentes, como en procesos industriales, posibilitan supervisar y controlar confortablemente desde una PC, los estados de funcionamiento o alarmas de los sistemas que componen la instalación, así como los principales parámetros de medida y permite actuar descentralizadamente sobre los diferentes elementos de mando.

En la sala de control del Edificio Inteligente esta situado el Controlador Lógico Programable Central (PLC), que recibirá todas las señales necesarias para el control automático del Edificio, y de acuerdo a un software, actualizable dinámicamente a los posibles cambios que se vayan produciendo en su momento actuara sobre los elementos de mando. El PLC esta conectado a una PC, en cuyo monitor se visualizaran todos datos relevantes de la instalación.

1.2.2 Características

Un edificio inteligente debe reunir las siguientes características:

- a) Flexibilidad y adaptabilidad relacionadas con un costo, ante los continuos cambios tecnológicos requeridos por sus ocupantes.
- b) Altamente eficiente en el consumo de energía eléctrica.
- c) Capacidad de proveer un entorno ecológico habitable y altamente seguro, que maximice la eficiencia en el trabajo a niveles óptimos de confort de sus ocupantes.
- d) Centralmente automatizado para optimizar su operación y administración en forma electrónica.

1.2.3 Grados de inteligencia

Grado de inteligencia es la capacidad de un edificio de tomar ciertas decisiones humanas. Existen tres grados de inteligencia, catalogados en función de la automatización de las instalaciones o desde el punto de vista tecnológico:

1.2.3.1 Grado 1

Inteligencia mínima o básica. Un sistema básico de automatización del edificio, el cual no está integrado.

- Existe una automatización de la actividad y los servicios, aunque no están integrados.

1.2.3.2 Grado 2

Inteligencia media. Tiene un sistema de automatización del edificio totalmente integrado.

- Sistemas de automatización de la actividad, sin una completa integración de las telecomunicaciones.

1.2.3.3 Grado 3

Inteligencia máxima o total. Los sistemas de automatización del edificio, la actividad y las telecomunicaciones, se encuentran totalmente integrados. El sistema de automatización del edificio se divide en: sistema básico de control, sistema de seguridad y sistema de ahorro de energía.

- El sistema básico de control es el que permite monitorear el estado de las instalaciones, como son: eléctricas, hidrosanitarias, elevadores y escaleras eléctricas, y suministros de gas y electricidad.
- El sistema de seguridad protege a las personas, los bienes materiales y la información. En la seguridad de las personas, destacan los sistemas de detección de humo y fuego, fugas de gas, suministro de agua, monitoreo de equipo para la extinción de fuego, red de rociadores, extracción automática de humo, señalización de salidas de emergencia y el voiceo de emergencia. Para la seguridad de bienes materiales o de información, tenemos el circuito cerrado de televisión, la vigilancia perimetral, el control de accesos, el control de rondas de vigilancia, la intercomunicación de emergencia, la seguridad informática, el detector de movimientos sísmicos y el de presencia.
- El sistema de ahorro de energía es el encargado de la zonificación de la climatización, el intercambio de calor entre zonas, incluyendo el exterior, el uso activo y pasivo de la energía solar, la identificación del consumo, el

control automático y centralizado de la iluminación, el control de horarios para el funcionamiento de equipos, el control de ascensores y el programa emergente en puntos críticos de demanda.

1.2.4 Fases de desarrollo

Las fases de la producción de un edificio, son:

1.2.4.1 Fase proyectual

Hoy en día para proyectar un edificio, sobre todo si se trata de un edificio inteligente, debe conformarse un equipo de trabajo con el propósito de lograr los más óptimos resultados. Este equipo lo componen: propietarios del edificio y usuarios, arquitectos, arquitectos paisajistas, restauradores de monumentos, gerente de operaciones, ingenieros civiles, hidráulicos, eléctricos, de telecomunicaciones e informática, consultores en instalaciones especiales, compañía constructora, proveedores de sistemas y servicios, y compañías de suministro de servicios de electricidad, agua, teléfono. De esta forma existe la posibilidad de diseñar el inmueble con base en una comunicación constante, pues el trabajo en equipo es indispensable para obtener un edificio inteligente. Una evaluación y verificación aprobatoria del proyecto ejecutivo en los aspectos arquitectónico, tecnológico y financiero, nos permitirá continuar con la siguiente fase.

1.2.4.2 Fase constructiva

Se refiere a la ejecución de la obra, con base en los planos ejecutivos. En esta fase intervienen las compañías constructoras, contratistas, subcontratistas y demás elementos del equipo de trabajo de la etapa proyectual, con su asesoría, supervisión y aprobación del ingeniero al mando.

1.2.4.3 Fase operativa

Los buenos resultados de la primera y segunda fases se ven reflejados en esta última, en la que están involucrados los usuarios, propietarios y el personal de administración y mantenimiento, quienes tienen la responsabilidad de operar, utilizar y mantener las instalaciones en óptimo estado. Para esto debe entrenarse al personal técnico, con el propósito de que intervenga adecuadamente desde el primer día.

1.2.5 Beneficios del Edificio Inteligente

El Edificio Inteligente cuenta con las siguientes facilidades:

- Control y Optimización de Energía Eléctrica
- Sistema de Alimentación Interrumpida
- Control de Iluminación
- Sistema de Protección Contra Incendios
- Sistema de Control de Aire Acondicionado
- Sistema Integrado de Seguridad
- Sistema de Gestión y Control de Habitaciones
- Sistema de Control de Parqueo
- Sistemas de Comunicaciones

1.2.6 Ventajas e inconvenientes de los edificios inteligentes

1.2.6.1 Ventajas

➤ Ahorro de los costes de explotación:

Por facilitar la gestión del edificio y de los usuarios. Este punto es muy apreciado en los casos de hoteles, hospitales, grandes oficinas y bibliotecas.

También es importante el ahorro de energía, aprovechando la generada internamente en el edificio por equipos informáticos, iluminación, personas, etc., la solar recibida a través de las fachadas. Así como el aprovechamiento de las tarifas nocturnas y la gestión de puntas de consumo, pudiendo utilizar menos potencia obteniendo idénticas prestaciones.

➤ Ahorro de los costes de amortización:

La capacidad de adaptabilidad del edificio alarga su vida media, evitando que vaya quedando obsoleto y, con ello, su depreciación, aumentando su valor residual.

También se ahorran las obras costosas de las adaptaciones sucesivas a lo largo de la vida del edificio.

➤ Ampliación de los servicios que puede ofrecer el edificio:

Para una empresa una mayor facilidad de comunicaciones es vital. A esto se pueden añadir servicios como el control anti-incendios o la seguridad de control de accesos.

En este punto no solo hay que tener en cuenta la relación servicio/precio, sino que en muchos casos estos servicios son imprescindibles.

- Mejora en las condiciones de trabajo:

Estos edificios deben tener las condiciones idóneas de humedad, temperatura, ventilación e iluminación para evitar problemas salud, así como proporcionar un ambiente laboral atractivo que facilite y estimule el trabajo.

1.2.6.2 Inconvenientes:

- Inversión inicial:

Este punto es el que en un principio hace que no proliferen gran cantidad de estos edificios, ya que dotar de todos los servicios y de un precableado para voz y datos, puede resultar caro desde el punto de vista del promotor que deberá asumir la inversión.

- La falta de estandarización:

Actualmente no existe un protocolo de comunicación universal para los sistemas de control de instalaciones, sino que existen multitud de ellos, incompatibles entre sí.

Este problema tiende a solucionarse con la aparición de nuevos estándares internacionales, pero aún hay que recorrer un largo camino lleno de obstáculos, no sólo tecnológicos sino, sobre todo, de índole económico (intereses particulares de cada empresa) y político (apoyo a las tecnologías nacionales de cada país).

1.2.7 Aplicación actual

Hasta ahora el mayor desarrollo de esta clase de edificios se da en el área de edificios de oficinas, buscando brindar a sus usuarios, lugares de trabajo seguros, diseñados confortablemente para aumentar la productividad y estimular la creatividad. En un futuro cercano se puede prever que este tipo de edificios

abarcará a toda clase de edificios industriales, públicos, bancos, escuelas, etc., pero recién se disfrutarán realmente sus beneficios, cuando este concepto se aplique a las viviendas.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL EDIFICIO T1

El edificio T1 de la universidad de San Carlos esta construido sobre un terreno el cual tiene un área de 2086.56 m² y este es utilizado por las facultades de Ingeniería y Arquitectura.

Y dichas facultades utilizan las instalaciones como salones de clase, salón de proyecciones, laboratorios, oficinas, baños y área de jardines.

2.1 Características Físicas y Técnicas del Primer nivel del Edificio T1

Como se puede observar en la figura 2 el primer nivel del edificio T1 cuenta con un área de jardines, 8 salones de clase, un salón de proyecciones, una bóveda de transformadores, una oficina IEEE, baños de hombres y baños de mujeres.

El área total de jardines es de 52.85 m² dividida en 6 partes (ver figura 2).

Los Salones de clase del 102 al 105, 108 y del 110 al 112 tienen un área de 81 m² en los cuales están instaladas 14 lámparas 2x40W, el salón 107 tiene un área de 64.8 m² en el cual esta instaladas 12 amparas 2x40W y el salón 109 tiene un área de 40.5 m² en el cual esta instaladas 10 amparas 2x40W. El salón de proyecciones de arquitectura tiene un área de 174.96 m² en el cual esta instaladas 28 amparas 2x40W.

El cuarto de transformadores tiene un área de 28.35 m² en el cual esta instaladas 2 amparas 2x40W. La oficina IEEE tiene un área de 20.25 m² en el cual esta instaladas 4 amparas 2x40W.

El baño de hombres tiene un área de 18.63 m² en el cual están instaladas 3 lámparas 2x40W con difusor, 5 sanitarios, 4 mingitorios y 3 lavamanos. El baño de mujeres tiene un área de 12.96 m² en el cual están instaladas 3 lámparas 2x40W con difusor, 5 sanitarios y 3 lavamanos.

El corredor tiene un área de 298.08 m², en el cual están instaladas 60 lámparas 1x40W en todo el perímetro del corredor, 2 lámparas 2x40W con difusor en el lado de las gradas, 8 lámparas 2x40W con difusor en la entrada del edificio y 6 lámparas 2x40W en el lado de los baños.

2.2 Características Físicas y Técnicas del Segundo nivel del Edificio T1

El segundo nivel del edificio T1 cuenta con el área de física, laboratorios de física 1, 2, 3, 4, 5, 6, laboratorio de teoría electromagnética, laboratorio de circuitos eléctricos 1 y 2, laboratorio de potencia, coordinación de diseño grafico, la asociación de estudiante de diseño, salón de clase de diseño, baños de hombres y baños de mujeres. (ver figura 3)

El departamento de física tiene un área de 165.24 m² en el cual están instaladas 14 lámparas 2x40W. El área de física también cuenta con 6 laboratorios, el laboratorio 1 tiene un área de 116.64 m² en el cual están instaladas 18 lámparas 2x40W, los laboratorios 2, 3 y 4 tiene un área de 97.2 m² en el cual están instaladas 16 lámparas 2x40W y los laboratorios 5 y 6 tiene un área de 48.6 m² en el cual están instaladas 14 lámparas 2x40W.

El laboratorio de Teoría Electromagnética y el laboratorio de Circuitos 1 y 2 tienen un área de 48.6 m² y en este están instaladas 14 lámparas 2x40W con difusor. El Laboratorio de Potencia tiene un área de 165.24 m² y en este están instaladas 42 lámparas 2x40W con difusor. El laboratorio cuenta también con una bodega de área 12.96 m² en la cual están instaladas 4 lámparas 2x40W

La coordinación y la asociación de diseño gráfico tienen un área de 43.74 m² en el cual están instaladas 8 lámparas 2x40W. En diseño gráfico también existe el salón de clase T1-202 teniendo un área de 116.64 m² en el cual están instaladas 18 lámparas 2x40W.

El corredor del segundo nivel del edificio tiene área de 272.16 m², en el cual están instaladas 60 lámparas 1x40W en todo el perímetro del corredor, 6 lámparas 2x40W con difusor en el lado de la asociación de Diseño Grafico y 6 lámparas 2x40W con difusor en el lado del departamento de física.

El baño de hombres tiene un área de 23.49 m² en el cual están instaladas 3 lámparas 2x40W con difusor, 5 sanitarios, 4 mingitorios y 3 lavamanos. Y el baño de mujeres tiene un área de 19.44 m² en el cual están instaladas 3 lámparas 2x40W con difusor, 5 sanitarios y 3 lavamanos.

2.3 Características Físicas y Técnicas del Tercer nivel del Edificio T1

Como se puede observar en la figura 4 el edificio T1 cuenta con 5 salones de clase (L-III-3, L-III-4, L-III-6, L-III-7 y L-III-8), Laboratorio de Electrónica, laboratorio de ingeniería eléctrica, laboratorio de electricidad y electrónica básica, laboratorio de estaciones eléctricas, Escuela de Mecánica eléctrica,

departamento de EPS, ERIS, Escuela de Mecánica Industrial y servicios sanitarios de hombres y mujeres.

Los salones de clase L-III-6, L-III-7 y L-III-8 tienen un área de 136.89 m², 157.95 m² y 84.24 m² en el cual están instaladas 28, 24 y 12 lámparas 2x40W respectivamente. Los salones L-III-3 y L-III-4 tiene un área de 52.65 m² y en los cuales están instaladas 12 lámparas 2x40W

El laboratorio de electrónica está dividido en cuatro secciones el laboratorio de LabVolt, la vidriera, oficina de auxiliares y bodega. El laboratorio de LabVolt tiene un área de 98 m² en el cual están instaladas 24 lámparas 2x40W con difusor. La Vidriera tiene un área de 37.26 m² en el cual están instaladas 12 lámparas 2x40W, la oficina de auxiliares tienen un área 19.44 m² en la cual están instaladas 4 lámparas 2x40W, y la bodega tienen un área 3.24 m² en la cual están instaladas 1 lámparas 2x40W

El Laboratorio de ingeniería eléctrica 1 y 2 tiene un área de 52.65 m² en el cual están instaladas 16 lámparas 2x40W. Y los laboratorios de Electricidad y Electrónica Básica e Instalaciones Eléctricas tienen un área de 42.52 m² en los cuales están instaladas 12 lámparas 2x40W.

El corredor tiene área de 264.06 m², en el cual están instaladas 60 lámparas 1x40W en todo el perímetro del corredor, 7 lámparas 2x40W con difusor en el lado de la Escuela de Mecánica eléctrica y 7 lámparas 2x40W con difusor en el lado de los baños.

Las oficinas de ERIS tiene área de 136.89 m², en el cual están instaladas 24 lámparas 1x40W y las oficinas del centro de estudios superiores en energía y minas tiene área de 105.3 m², en el cual están instaladas 20 lámparas 1x40W.

2.4 Resumen de la situación actual del edificio T1

Tabla I . Descripción del Primer Nivel del edificio T1

Descripción	área en m ²	No. de lámparas 1x40W	No. de lámparas 2x40W
Jardines	52	0	0
Corredor	298.08	60	16
Salones de clase 102 al 105, 108 y 110 al 112	81	0	14
salón 107	64.8	0	12
salón 109	40.5	0	10
salón de Proyecciones	174.96	0	28
cuarto de transformadores	28.35	0	2
Oficina IEEE	20.25	0	4

Tabla II. Descripción del Segundo Nivel del edificio T1

Descripción	área en m ²	No. de lámparas 1x40W	No. De lámparas 2x40W
Departamento de física	165.24	0	14
Laboratorio 1 de física	116.64	0	18
Laboratorios 2, 3 y 4 de física	97.2	0	16
Laboratorios 5 y 6 de física	48.6	0	14
Laboratorio de Teoría Electromagnética	48.6	0	14
Laboratorio de Circuitos 1 y 2	48.6	0	14
coordinación de diseño grafico	43.74	0	8
asociación de estudiante de diseño	43.74	0	8
salón T1-202	116.64	0	18
Corredor	272.16	60	12

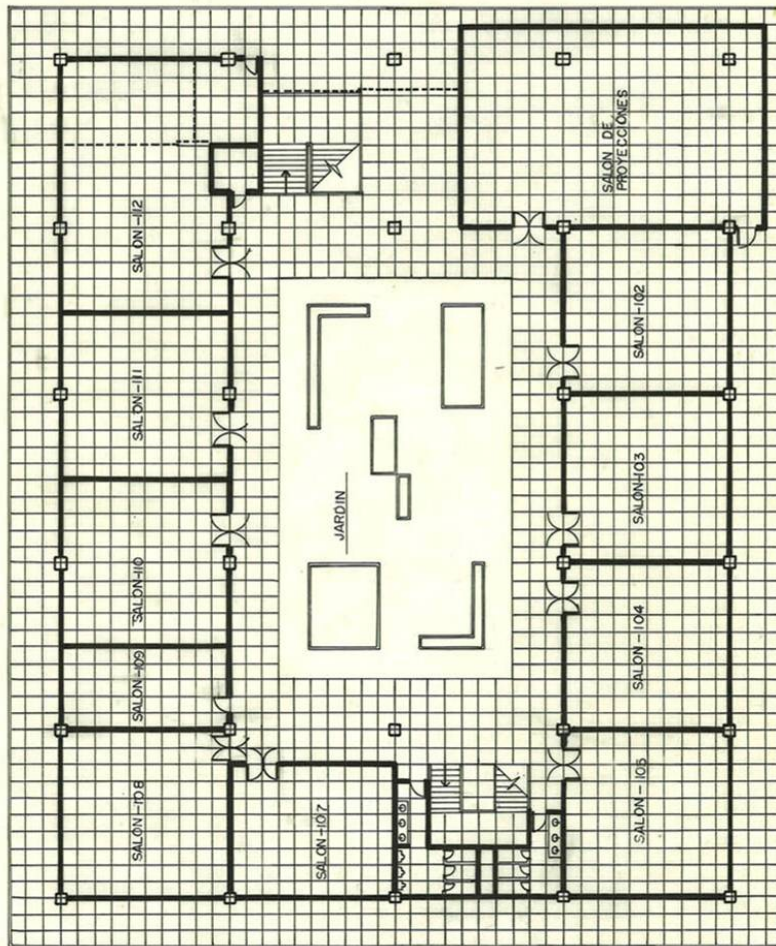
Tabla III. Descripción del Tercer Nivel del edificio T1

Descripción	área en m ²	No. de lámparas 1x40W	No. de lámparas 2x40W
Salón L-III-3	52.65	0	12
Salón L-III-4	52.65	0	12
Salón L-III-6	136.89	0	28
Salón L-III-7	157.95	0	24
Salón L-III-8	84.24	0	12
Laboratorio Lab Volt	98	0	24
La Vidriera	37.26	0	11
Oficina de Auxiliares	19.44	0	4
Bodega de electrónica	3.24	0	1
Laboratorio de ingeniería eléctrica 1 y 2	56.65	0	16
laboratorios de Electricidad y Electrónica Básica	42.52	0	12
Laboratorio de Instalaciones Eléctricas	42.52	0	12
Corredor	264.06	60	14
ERIS	136.89	0	24
Centro de estudios superiores en energía y minas	105.3	0	20

Tabla IV. Descripción actual de los baños del edificio T1

Descripción	área en m ²	No. de lámparas 2x40W	Sanitarios	Lavamanos	Mingitorios
Baño Hombres 1er Nivel	18.63	3	3	3	3
Baño Hombres 2do Nivel	23.49	4	5	3	4
Baño Hombres 3er Nivel	23.49	4	6		
Baño Mujeres 1er Nivel	12.96	3	3	3	0
Baño Mujeres 2do Nivel	19.44	3	5	3	0
Baño Mujeres 3er Nivel	22.68	4	6		0

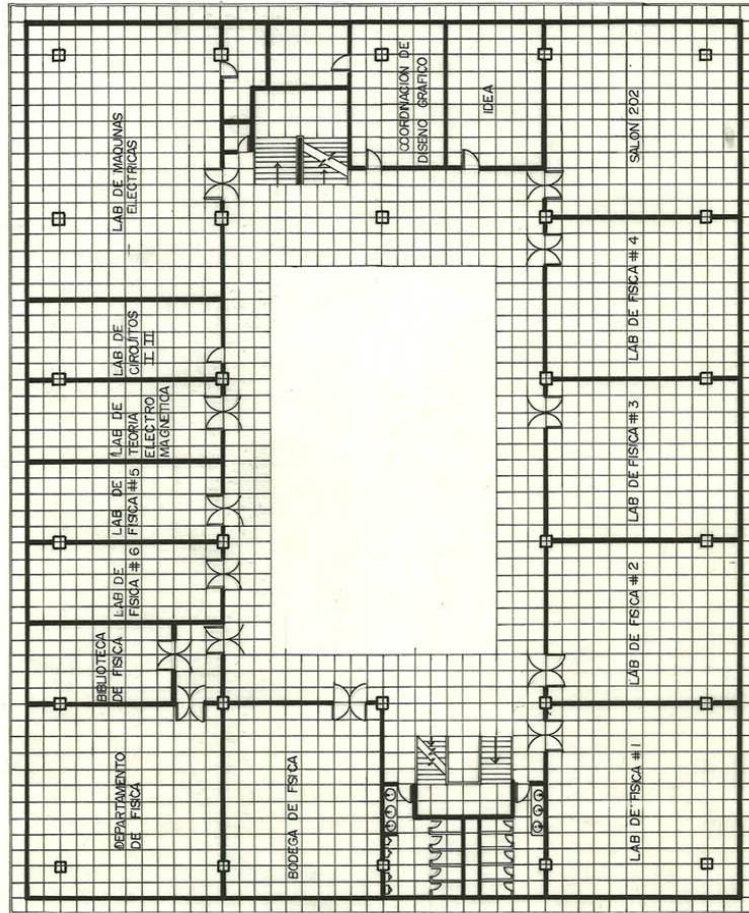
Figura 2. Plano del primer nivel edificio T-1



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
PRIMER NIVEL EDIFICIO T-1
WULFRED ANTONIO ALVARADO VARGAS

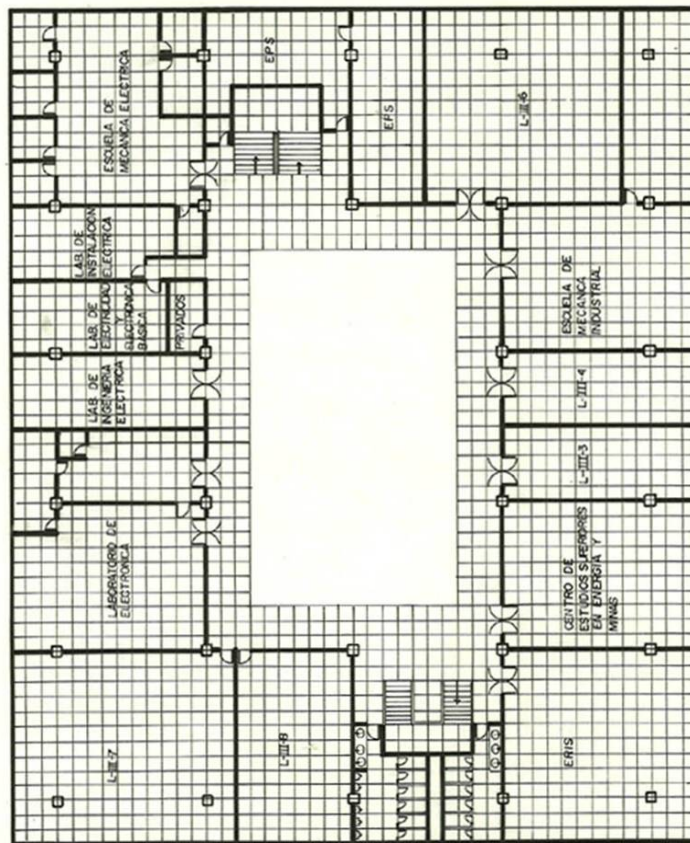
1:1

Figura 3. Plano del segundo nivel edificio T-1



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
SEGUNDO NIVEL EDIFICIO T-1
WJALFRED ANTONIO ALVARADO VARGAS

Figura 4. Plano del tercer nivel edificio T-1



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 TERCER NIVEL EDIFICIO T-1
 WUALFREY ANTONIO ALVARADO VARGAS

3. ELEMENTOS DE CONTROL DE UN EDIFICIO INTELIGENTE

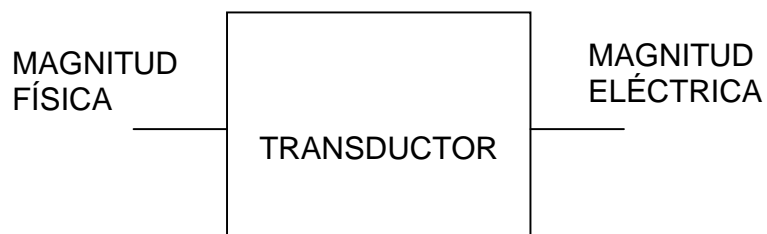
3.1 Principios generales de los transductores

3.1.1 Transductor

Los dispositivos que realizan la conversión de una magnitud física a otra clase de magnitud se denominan por lo general TRANSDUCTORES.

El esquema de bloques de un transductor se representa en la fig. 5.

Figura 5. Transductor



La magnitud eléctrica de salida de un transductor puede ser un voltaje, una corriente, etc. Según la naturaleza de la magnitud eléctrica de salida, los transductores se subdividen en transductores analógicos y digitales. A una magnitud física continua de entrada el transductor analógico le hace

corresponder una magnitud eléctrica continua de salida proporcional a la magnitud física medida, mientras que el transductor digital le hace corresponder una sucesión de señales digitales.

Por lo general dicha conversión requiere una absorción de energía, por lo que la presencia del transductor constituye un elemento de perturbación en el proceso analizado.

Cada uno de estos transductores posee un conjunto de características, unas específicas y otras comunes a toda esta clase de dispositivos.

- a) El campo de medición ("range"): Es el margen entre los valores mínimos y máximo de la magnitud física medida por el transductor.
- b) Constante de proporcionalidad: Es la relación que existe entre el valor de salida y el correspondiente valor de la magnitud de entrada.
- c) Error de linealidad: Es el desplazamiento de la constante de proporcionalidad entre el valor de entrada y el de salida; se expresa en porcentaje del valor máximo de la salida.
- d) Precisión (error de medición): Es el margen máximo entre el valor medido y el real.
- e) Velocidad de respuesta: Indica la rapidez con la que la magnitud de salida responde a las variaciones de la magnitud de entrada.

f) Estabilidad:

Es la constancia de la relación entrada - salida para todas las condiciones de funcionamiento.

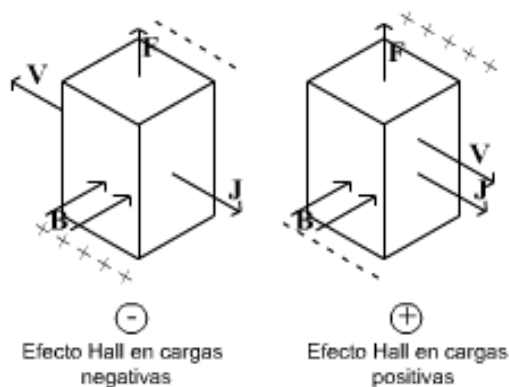
3.1.2 Efecto Hall

El efecto Hall consiste en que en un metal o semiconductor con corriente, situado en un campo magnético perpendicular al vector densidad de corriente, surge un campo eléctrico transversal y una diferencia de potencial.

La causa del efecto Hall es la desviación que experimentan los electrones que se mueven en el campo magnético bajo la acción de la fuerza de Lorentz.

Las siguientes figuras muestran las direcciones del campo magnético B , de la densidad de corriente J , la fuerza de Lorentz F , la velocidad de las cargas V (según sean estas positivas o negativas), así como los signos de las cargas concentradas en las caras opuestas superior e inferior para cada tipo de carga (negativa y positiva). La figura 6a es válida para metales y semiconductores tipo n; para semiconductores tipo p, los signos de las cargas que se concentran en las superficies son opuestos (figura 6b).

Figura 6a y 6b. Efecto Hall



Fuente: Física, Halliday-Resnick-Krane

Las cargas siguen siendo desviadas por el campo magnético hasta que la acción de la fuerza en el campo eléctrico transversal equilibre la fuerza de Lorentz.

Las cargas siguen siendo desviadas por el campo magnético hasta que la acción de la fuerza en el campo eléctrico transversal equilibre la fuerza de Lorentz.

La diferencia de potencial debida al efecto Hall es pues, en el equilibrio:

$$U_H = R_H IB/d$$

3.1.3 Efecto Fotoeléctrico

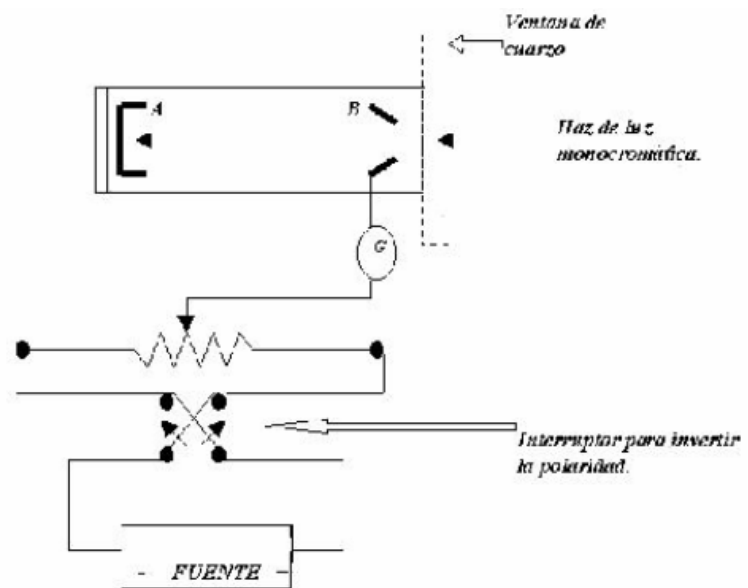
El efecto Fotoeléctrico se basa en la emisión de electrones desde una superficie, por la acción de la luz. Una envoltura de vidrio encierra al aparato en un espacio al vacío, la luz incidente, que es monocromática penetra a través de una ventana de cuarzo, incide sobre la placa de metal "A" y libera electrones, denominados foto electrones. Los cuales si es que son atraídos a la capa de metal "B" mediante una diferencia de potencial "V" aplicada entre "A y B", se podrán

detectar como una corriente. El amperímetro "G" sirve para medir esta corriente fotoeléctrica.

Sus características esenciales son:

- Para cada sustancia hay una frecuencia mínima o umbral de la radiación electromagnética por debajo de la cual no se producen fotoelectrones por más intensa que sea la radiación.
- La emisión electrónica aumenta cuando se incrementa la intensidad de la radiación que incide sobre la superficie del metal, ya que hay más energía disponible para liberar electrones.

Figura 7. Efecto Fotoeléctrico



Fuente: Física, Halliday-Resnick-Krane

3.2 Medidor de Caudal con Paleta Rotatoria

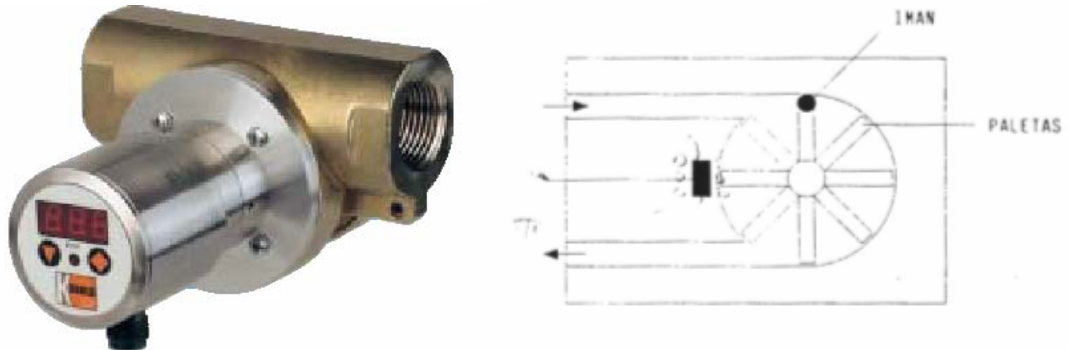
3.2.1 Descripción

El nombre comercial de este detector es "medidor de caudal de paletas o de turbina"; este detector puede dar una información significativa del caudal.

Desde el punto de vista mecánico (véase la figura 8) el detector consta de una turbina en cuyas paletas lleva montados unos imanes. La rotación de estos imanes, debido al flujo de agua, es detectada por un detector de campo magnético (sonda de efecto Hall), que permite transformar las variaciones del campo magnético (a que está sometido) en variaciones de naturaleza eléctrica (variaciones de tensión). Después de ser filtradas y cuadradas por el condicionador de señal, las variaciones de tensión generan un impulso rectangular cada vez que las paletas pasan de frente a la sonda de efecto Hall.

Ya que el ángulo de rotación de la turbina es proporcional al volumen de líquido que fluye por entre las paletas, el detector generará un número de impulsos proporcional a dicho volumen: el caudal será igual al volumen de líquido desplazado en la turbina en la unidad de tiempo.

Figura 8. Medidor de Caudal



Fuente: www.kobold.com

3.2.2 Detalles técnicos

3.2.2.1 Frecuencia de salida

Alimentación:	24 VCD (Voltios de Corriente Directa) $\pm 20\%$
Consumo de potencia:	10 mA (mili Amperios)
Salida de pulso:	colector abierto, máx. 25 mA

3.2.2.2 Salida analógica (opción de pantalla enchufable)

Alimentación:	24 VCD $\pm 20\%$
Salida:	0-20 mA o 4- 20 mA, 2- o 3-hilos
Máxima carga:	500 ohm
Conexión eléctrica:	conector de enchufe M12x1 o DIN 43 650
Opcional:	pantalla enchufable (con enchufe de conector DIN 43 650 y solo salida de 4 -20 mA), 2-hilos

3.2.2.3 Electrónica compacta

Indicador:	LED (Diodo Emisor de Luz) de 3-cifras
Salida analógica:	(0)4-20 mA ajustable
Salidas de conmutación:	1 (2) semiconductores PNP o NPN, configurado en fábrica
Operación de contacto:	contacto N/A/N/O (Normalmente Abierto / Normalmente Cerrado) programable
Configuración:	por medio de 2 botones
Alimentación:	24 VCD $\pm 20\%$, 3-hilos
Conexión eléctrica:	conector de enchufe M12x1

3.2.2.4 Indicador de manecilla con salida analógica

Cuerpo:	aluminio
Indicador:	instrumento de bobina móvil, indicador 240°
Alimentación:	24 VCD $\pm 20\%$
Salida:	0-20 mA o 4-20 mA, 3-hilos
Máxima carga:	250 ohm
Conexión eléctrica:	conector de enchufe M12x1

3.3 Sensor de Movimiento y Presencia

Los sensores de Movimiento y presencia utilizan tecnología PIR (Passive Infrared) y micrófonos en combinación de lentes de Fresnel. Una vez que el PIR detecta que en el salón de clase esta ocupado, este manda una señal para encender las luces. Luego que el sensor manda la señal de encendido el micrófono también se activa y detecta si el ocupante realiza algún sonido.

Mientras un ocupante se mueva dentro del campo de vista, el sensor detecta cambios en movimiento y temperatura. Cada vez que un ocupante se mueva o realice algún sonido, el circuito de tiempo de retardo es reseteado (típicamente 10 min.).

Las aplicaciones típicas de este sensor son: Salones de clase, pasillos, salas de conferencias largas y almacenes con obstrucción. (Ver figura 9).

Figura 9. Sensor de movimiento



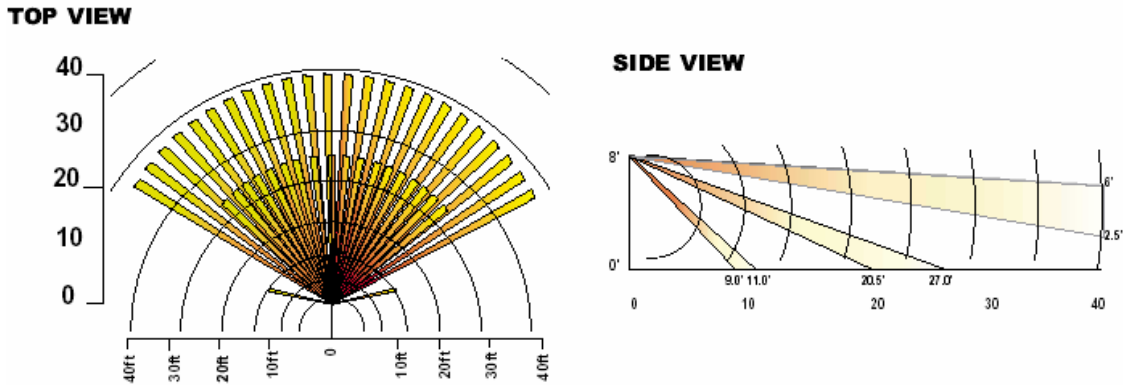
Fuente: www.sensorswitch.com

3.3.1 Características Técnicas

Cobertura de:	120° por 40 pies (12.19 metros).
Rango de temperatura:	14 a 160° F
Relay de 1A	12 a 24 VCA/VCD (Voltios de Corriente Alterna/Voltios corriente Directa)

Para ver la cobertura del sensor observar figura 10.

Figura 10. Cobertura del sensor de movimiento



Fuente: www.sensorswitch.com

3.4 Detector de humo y calor

El detector de humo y calor es la forma más sencilla de proteger cualquier tipo de ambiente frente al fuego. Este tiene una alta sensibilidad y cuenta con la tecnología de detección fotoeléctrica, los del tipo fotoeléctrico reaccionan más rápido ante las llamas ardientes y son menos propensos a activarse cuando se está cocinando.

Emite un fuerte sonido de 85dB, al ser activada la alarma. Posea una alarma acústica y visual.

3.4.1 Características técnicas

Aplicaciones:	Viviendas, colegios, hoteles, etc.
Alimentación:	Pila de 9VCD.
Duración de la pila:	Aproximadamente 18 meses.
Salida (opcional):	Relé N.A/N.C/COM.
Alarma visual:	LED permanente luz roja.
Alarma sonora:	Sonido intermitente a 85 dB (decibeles) .
Aviso cambio de pila:	Beep intermitente.
Temperatura de trabajo:	0° a +50°.
Humedad de trabajo:	10% a 85% de humedad relativa sin condensación.
Peso:	80 gr.

Figura 11. Detector de Humo



Fuente: www.domodesk.com

3.5 Contacto magnético de superficie

Estos sensores se utilizan para detectar el forzado de puertas o ventanas, atornillándose en el marco de la puerta o ventana el componente del sensor cableado y en la puerta o ventana (parte móvil) su otro componente al lado del anterior, teniendo 2 estados:

Cuando los 2 componentes del sensor están juntos, su componente cableado transmite una señal de cortocircuito (puerta o ventana cerrada). Cuando los 2 componentes del sensor están separados, su componente transmite una señal de circuito abierto (puerta o ventana abierta).

3.5.1 Características Técnicas

Es de aluminio, no se alimenta y es normalmente cerrado. (Ver Figura 12)

Figura 12. Contacto magnético de superficie



Fuente: www.sensorswitch.com

3.6 Sensor de Luminosidad

Estos sensores están constituidos por una fotorresistencia que varía su resistencia en función de la luz que reciben, dando esta información al sistema, este podrá saber si hay suficiente luz o necesita encender las luces artificiales.

3.6.1 Características Técnicas

Sensor de Luminosidad Analógico, de medidas reducidas: 53 mm x 44 mm x 22 mm, se alimenta a 12 VCC, su consumo máximo es de 10 mA y transmite una salida analógica entre 0 y +5V. (ver Figura 13)

Figura 13. Sensor de Luminosidad



Fuente: www.domodesk.com

3.7 Electroválvula de agua

La electroválvula de paso de agua es una válvula la cual es accionada por medios eléctricos, en este caso es una válvula que se cierra o abre por medio de un motor que la hace girar.

Electroválvula de Esfera de 2 Piezas motorizada. (Ver Figura 14)

Potencia del Motor:	15 W (watts).
Tiempo de Maniobra 90°:	7'5 seg.
Par de Arranque:	25 Nm.
Par de Maniobra:	20 Nm.
Protección:	IP-65.
Ángulo de Maniobra:	90/180°.
Peso:	1'5 Kg.
Temperatura de Funcionamiento:	-10°C a 50°C.
Conectores:	DIN-43650.
Tiempo Bajo Tensión:	La electroválvula al abrirse o cerrarse totalmente abre automáticamente el circuito de alimentación pasando la intensidad a ser nula.
Material:	Acero Inoxidable CF8M (316) Microfusión.

Figura 14. Electoválvula



Fuente: www.domodesk.com

3.8 PLC simatic marca siemens

Las CPUs S7-200 ofrecen numerosos tipos de operaciones que permiten solucionar una gran variedad de tareas de automatización. El software de programación STEP 7-Micro/WIN 32 permite elegir entre diferentes editores para crear programas de control utilizando dichas operaciones. Por ejemplo, puede ser que Usted prefiera crear programas en un entorno de programación gráfico, en tanto que otra persona que trabaje en su misma empresa prefiere utilizar un editor textual, similar al lenguaje ensamblador.

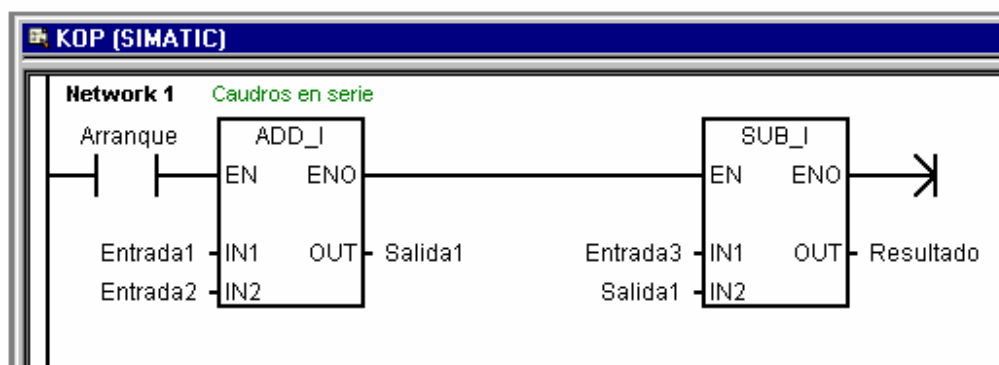
Para la creación de programas en un PLC, existen 3 tipos o formas de programación las cuales son: Lista de instrucciones (AWL), Esquema de contactos (KOP) o Diagrama de funciones (FUP).

3.8.1 Editor KOP (Esquema de contactos)

El editor KOP (Esquema de contactos) de STEP 7-Micro/WIN 32 permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos. KOP es probablemente el lenguaje preferido de numerosos programadores y encargados del mantenimiento de sistemas de automatización, adecuándose también en gran medida para los programadores principiantes. Básicamente, los programas KOP hacen que la CPU emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez, habilitan condiciones lógicas de salida. Por lo general, la lógica se divide en unidades pequeñas y de fácil comprensión llamadas "segmentos" o "networks". El programa se ejecuta segmento por segmento, de izquierda a derecha y luego de arriba a abajo, según lo determine el programa. Tras alcanzar la CPU el final del programa, comienza nuevamente en la primera operación del mismo.


La figura siguiente muestra un ejemplo de un programa KOP.


Figura 15. Programación KOP




Fuente: manual de usuario STEP 7-Micro/WIN 3

Las operaciones se representan mediante símbolos gráficos que incluyen tres formas básicas.

 Contactos: Representan condiciones lógicas de "entrada" similares a interruptores, botones, condiciones internas, etc.

 Bobinas: Representan condiciones lógicas de "salida" similares a lámparas, arrancadores de motor, relés interpuestos, condiciones internas de salida, etc.

 Cuadros: Representan operaciones adicionales tales como temporizadores, contadores u operaciones aritméticas.

Los segmentos que se pueden crear en KOP pueden ser desde muy sencillos hasta muy complejos. Se pueden crear segmentos con salidas intercaladas e incluso se pueden conectar en serie varias operaciones de cuadros. Las operaciones de cuadros que se pueden conectar en serie se identifican mediante una línea de salida de habilitación (ENO). Si la corriente fluye en un cuadro por la entrada EN y el cuadro se ejecuta sin error, la salida ENO pasa la corriente al siguiente elemento. ENO se puede utilizar como bit de habilitación para indicar que una operación se ha ejecutado correctamente.

A continuación se indican los aspectos principales a considerar cuando se desee utilizar el editor KOP:

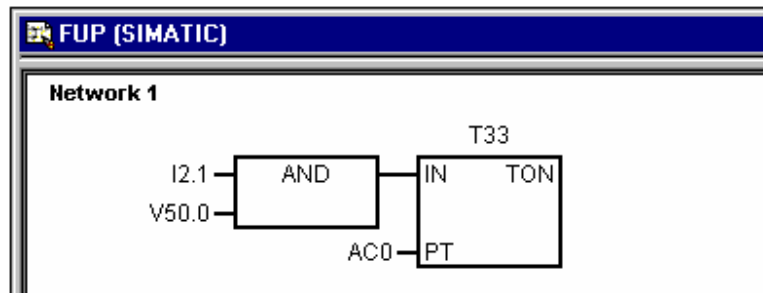
- El lenguaje KOP les facilita el trabajo a los programadores principiantes.
- La representación gráfica es a menudo fácil de comprender, siendo popular en el mundo entero.
- El editor KOP se puede utilizar con los juegos de operaciones SIMATIC e IEC 1131-3.
- El editor AWL siempre se puede utilizar para visualizar un programa creado en KOP.

3.8.2 Editor FUP (Diagrama de funciones)

El editor FUP (Diagrama de funciones) de STEP 7-Micro/WIN 32 permite visualizar las operaciones en forma de cuadros lógicos similares a los circuitos de puertas lógicas. En FUP no existen contactos ni bobinas como en el editor KOP, pero sí hay operaciones equivalentes que se representan en forma de cuadros. La lógica del programa se deriva de las conexiones entre dichas operaciones de cuadro. Ello significa que la salida de una operación (p.ej. un cuadro AND) se puede utilizar para habilitar otra operación (p.ej. un temporizador) con objeto de crear la lógica de control necesaria. Dichas conexiones permiten solucionar fácilmente numerosos problemas lógicos, al igual que con los otros editores.

La figura siguiente muestra un ejemplo de un programa creado con el editor FUP.

Figura 16. Programación FUP



Fuente: manual de usuario STEP 7-Micro/WIN 3

Si la corriente fluye en un cuadro por la entrada EN y el cuadro se ejecuta sin error, la salida ENO pasa la corriente al siguiente elemento. ENO se puede utilizar como bit de habilitación para indicar que una operación se ha ejecutado correctamente.

3.8.3 Editor AWL (Lista de instrucciones)

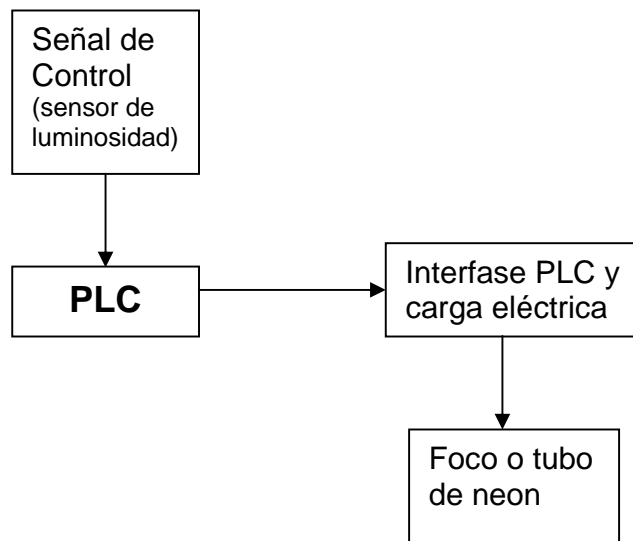
El editor AWL (Lista de instrucciones) de STEP 7-Micro/WIN 32 permite crear programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones. Por lo general, el editor AWL se adecúa especialmente para los programadores expertos ya familiarizados con los sistemas de automatización (PLCs) y con la programación lógica. El editor AWL también permite crear ciertos programas que, de otra forma, no se podrían programar con los editores KOP ni FUP. Ello se debe a que AWL es el lenguaje nativo de la CPU, a diferencia de los editores gráficos en los que son aplicables ciertas restricciones para poder dibujar los diagramas correctamente.

4. DISEÑO DEL SISTEMA “EDIFICIO INTELIGENTE” PARA EL EDIFICIO T1.

4.2 Diseño de encendido automático de luces.

El sistema de encendido de luces funcionará como se muestra en el diagrama a bloque siguiente:

Figura 17. Diagrama bloques encendido de luces

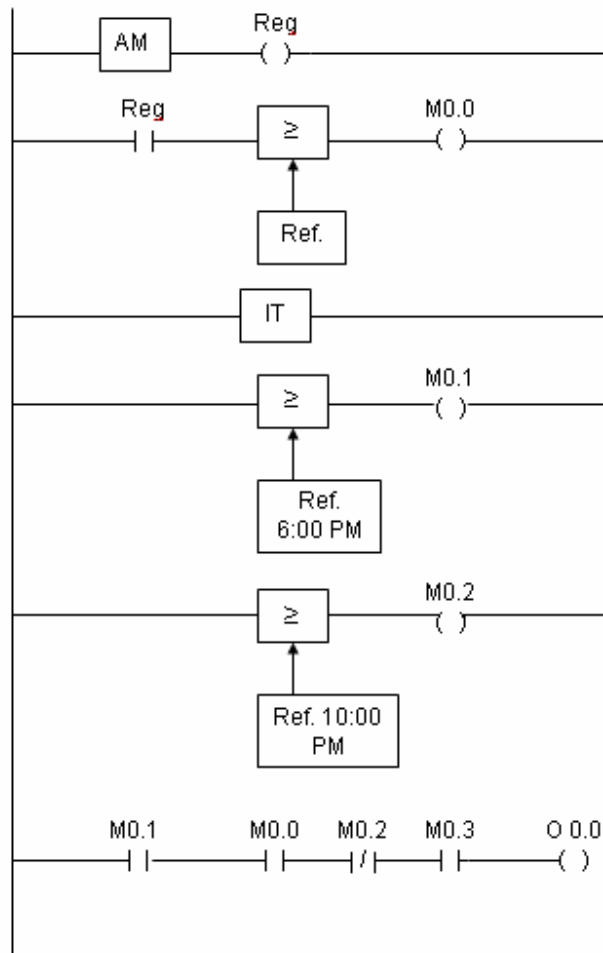


La señal de control que se indica en el diagrama a bloques es un sensor de luminosidad, de la cual obtenemos una salida de voltaje de 0 a 5 voltios.

Esta señal de salida es interpretada por el PLC como cambios en la luminosidad en el ambiente, y este parámetro es uno de los tomados en cuenta para encender o apagar las luces en un salón de clase u oficina del edificio.

El programa que a continuación se muestra es el que utilizara el PLC:

Figura 18. Programa del PLC de encendido de luces



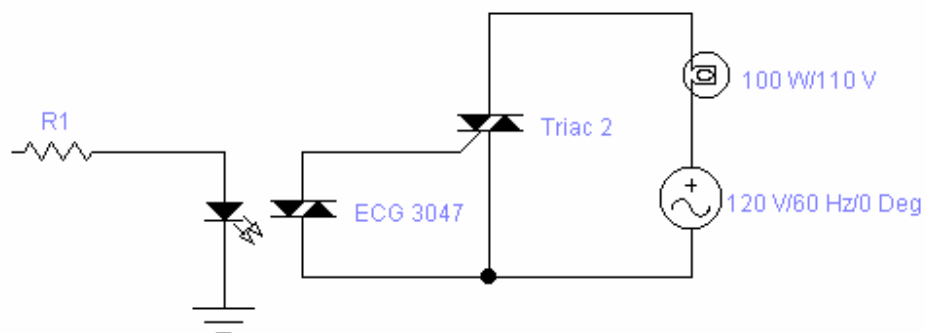
El PLC recibe una señal analógica que es interpretada por un módulo analógico (AM) y éste valor es guardado en un registro interno (Reg). Cuando el valor del registro es comparado a un valor de referencia que se establece desde programación, es activada una marca (M0.0) que en términos más sencillos significa cerrar un contacto o mandar un voltaje de 24VDC para cerrar un contacto.

Luego iniciamos un módulo de tiempo interno (IT), este nos dará los otros dos parámetros que utilizaremos para el control de luces, los cuales dependerán de la hora que deseamos encender la iluminación artificial. (mayor de las 6:00PM y menor de las 11:00 PM)

Entonces la salida (O 0.0) se activará cuando las condiciones de luz natural ya no sean suficientes y sea necesario usar luz artificial, también que el horario sea mayor de las 6:00PM y menor de las 10:00PM y por último que se active la marca M0.3 que será un detector de movimiento que tendrá que detectar movimiento para poder activar la salida O 0.0.

Luego que el PLC ejecuta el programa anterior se activa la salida O 0.0 y esta es una salida analógica de 24VDC y es recibida por un circuito interfase PLC y carga eléctrica que se muestra a continuación.

Figura 19. Interfase PLC y carga eléctrica

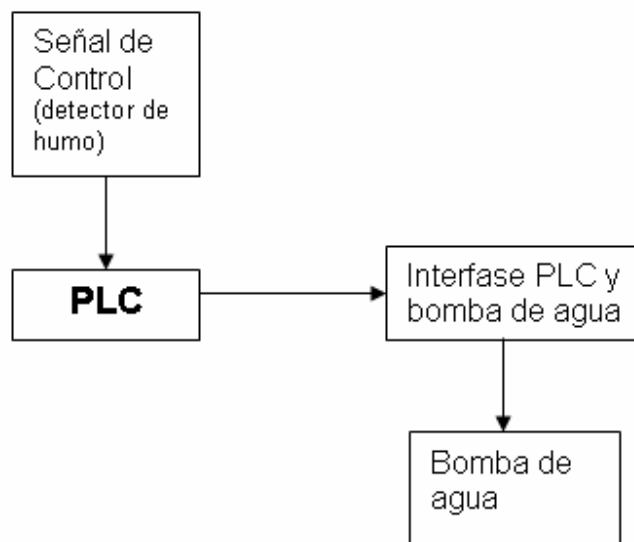


Este circuito usa un IC ECG 3047 que es un dispositivo que internamente contiene un diodo led y un fototriac, acoplándose a corriente directa con la corriente alterna. Cuando una señal de 24VDC ingresa por la resistencia de R1 hace circular una corriente por el diodo led polarizado en directa y el mismo emitirá luz, cuando el diodo led emite luz es recibida por el triac interno del IC ECG 3047 y este hace circular una corriente a la terminal gate o compuerta del segundo triac (Triac 2) y este podrá hacer circular corriente entre las terminales MT1 y MT2 y esta misma corriente circulara por la carga eléctrica por lo tanto se encenderán las lámparas que se encuentren en los salones de clase.

4.2 Diseño de detección de humo y control de rociadores

El sistema de detección de humo y control de rociadores funcionará como se muestra en el diagrama a bloque siguiente:

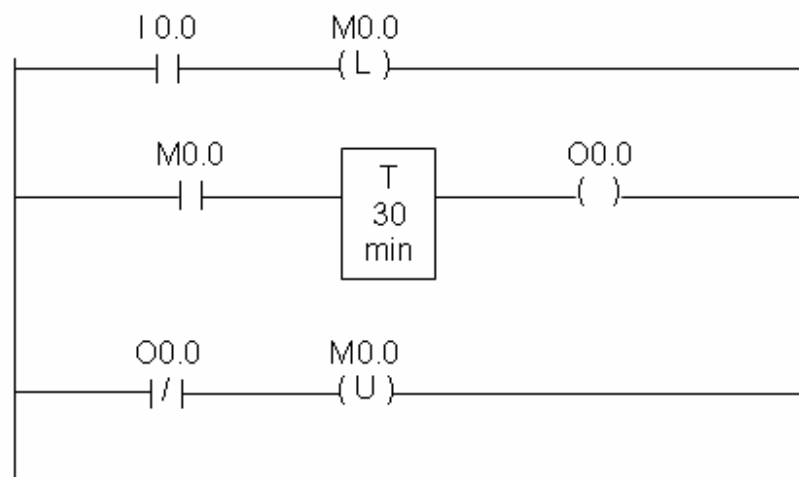
Figura 20. Diagrama bloques detección de humo y control de rociadores



La señal de control que utilizará el sistema de rociadores es un detector de de humo, este al detectar una cantidad de humo peligroso cierra un contacto. Este contacto cerrado indica al PLC que existe humo en el lugar y hay que encender los rociadores para poder apagar el posible incendio.

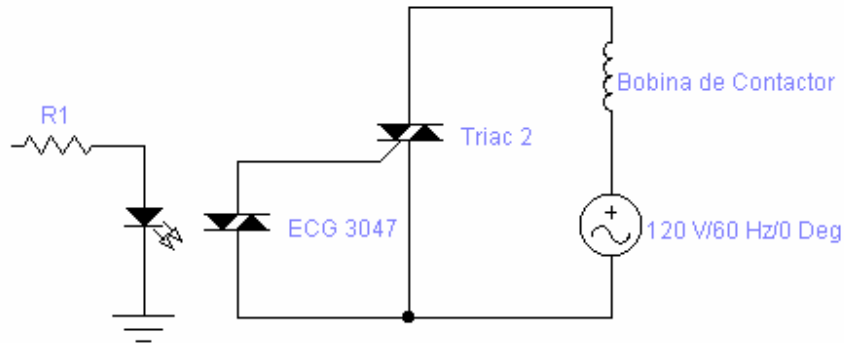
El programa que ejecutara el PLC será el siguiente:

Figura 21. Programa del PLC detección de humo y control de rociadores



Este programa funciona como un sistema set reset o en términos sencillos preestablecer un sistema entre dos valores o estados posibles (falso o verdadero o también 1 o 0). Cuando el PLC recibe una señal del detector de humo en la entrada (I 0.0) activa una marca (M0.0) y esta inicia el bloque de tiempo y es activada la salida O 0.0, esta salida como depende de un bloque de tiempo permanecerá en un estado activa por 30min (este tiempo se establece desde programación). Cuando termina el tiempo programado la misma salida O 0.0 restablece el sistema a su estado original. Luego de este procedimiento la señal de salida O0.0 es recibida por el circuito de acople PLC y bomba de agua, que se muestra a continuación.

Figura 22. Interfase PLC y bomba de agua

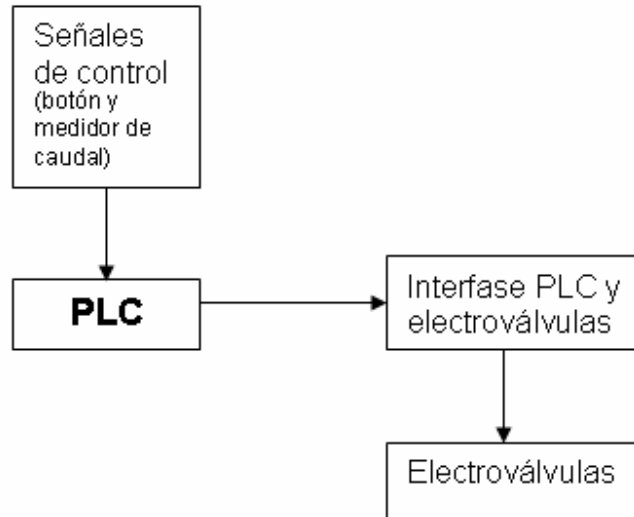


Este circuito funciona igual que el sistema de acople de PLC y encendido de luces, con la única diferencia que este magnetiza la bobina de un contactor que arranca un bomba de agua que hará circular un caudal de agua por la tubería que estará conectado a los rociadores que están localizados en todas las aulas y oficinas del edificio.

4.3 Diseño de Control de Caudal de Sanitarios

El sistema de control de caudal de sanitario funcionará como se muestra en el diagrama a bloque siguiente:

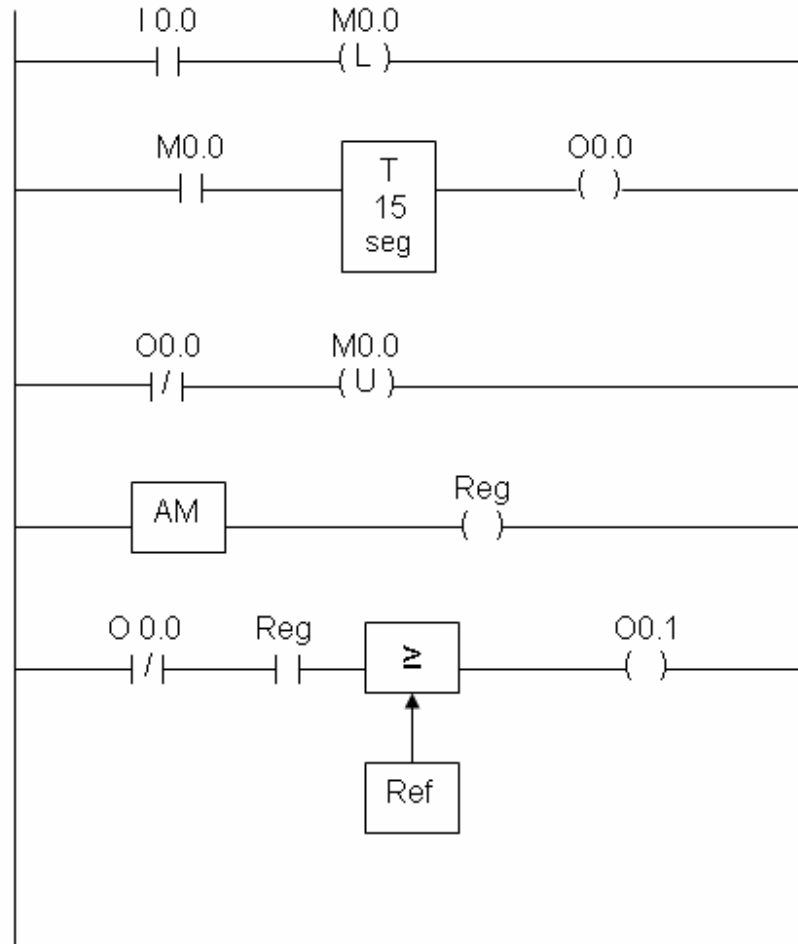
Figura 23. Diagrama bloques control de caudal de sanitarios.



Las señales de control que utilizaremos en dicho diseño serán dos. Un botón el cual accionará un flujo de agua durante 15 seg. Y un medidor de caudal con cuya salida de voltaje (0 a 5 voltios) varía según el caudal de agua que circule por el mismo. Y si en dado momento existe un caudal de agua sin que nosotros hallamos oprimido el botón, el PLC mandará un voltaje de 24VDC la cual nos accionará una electroválvula por medio del circuito de acople PLC y electroválvulas e impedirá el flujo de agua, debido a una posible fuga de la misma.

Las señales de control ingresarán al PLC y el mismo correrá el siguiente programa.

Figura 24. programa PLC de control de caudal de sanitarios.



Este programa consta de dos subprogramas uno es el sistema set reset que es accionado por el interruptor I 0.0 y que tendrá activada la salida O0.0 durante 15 seg. la cual hará que circule un voltaje de 24VDC en la electroválvula normalmente cerrada (electroválvula 1), por medio del circuito de acople PLC y electroválvula de control de tiempo de flujo de agua (figura 25) con el objeto de que haya un caudal de agua en los sanitarios o lavamanos solamente de 15 seg.

Luego el segundo segmento de programa, iniciara un módulo análogo (AM) y los datos de dicho módulo serán almacenados en un registro (Reg), los datos del registro ingresarán a un módulo comparador y si es mayor o igual a la referencia establecida desde programación se activará la salida O0.1 y esta mandará una señal de 24VDC que magnetizará la electroválvula normalmente abierta electroválvula 2 (figura 26), con el objeto de impedir un flujo de agua y no desperdiciar este recurso por fugas o mal uso de las instalaciones sanitarias.

El circuito interfase PLC y Electroválvulas se muestra a continuación:

Figura 25. Circuito de acople entre PLC y electroválvula de control de tiempo de flujo de agua

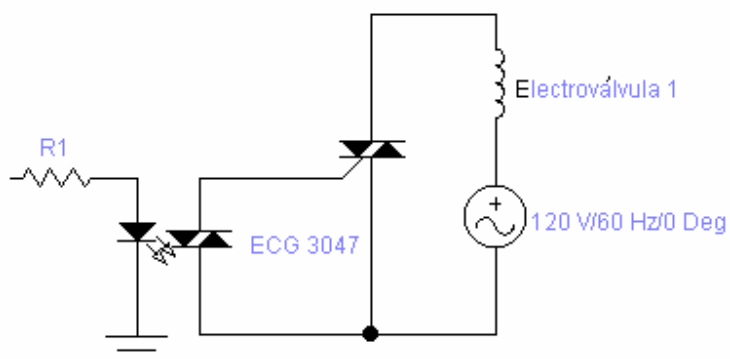
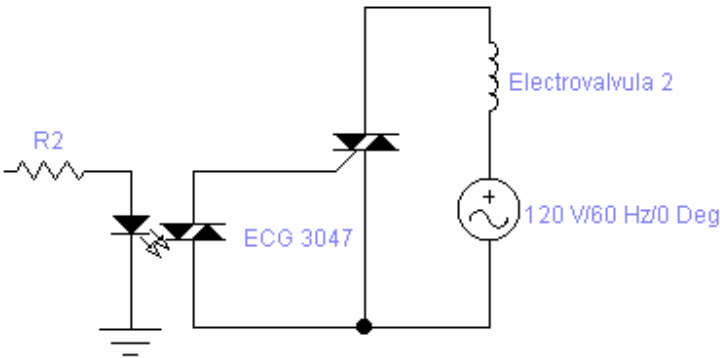


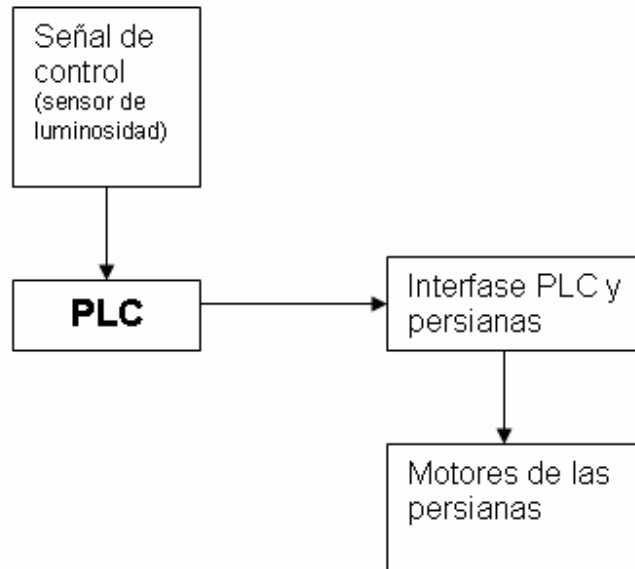
Figura 26. Circuito de acople entre PLC y electro válvula de control de fugas de agua



4.4 Diseño de control de persianas

El sistema de control de persianas funcionará como se muestra en el diagrama a bloques siguiente.

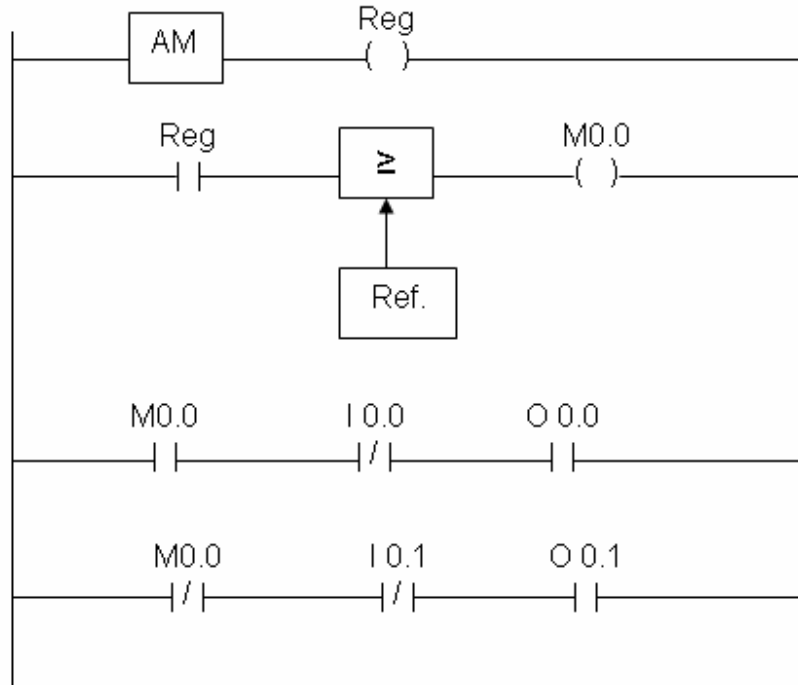
Figura 27. Diagrama de bloque de control de persianas.



Este diseño funcionará con una señal de control que será un sensor de luminosidad, este es un transductor que su salida de voltaje es proporcional a los cambios de intensidad luminosa. Y la salida del sensor de luminosidad ingresará al PLC y este sabrá si hay demasiada luz solar en un salón como para impedir la visibilidad del pizarrón.

El PLC podrá tomar dicha decisión en base al siguiente programa.

Figura 28. Programa PLC de control de persianas



Este programa utilizará tres señales de control un sensor de luminosidad, un microinterruptor indicador de persiana abierta y un microinterruptor de persiana cerrada. Estos datos engrasarán al PLC para tomar la decisión de abrir o cerrar las persianas de un aula.

El sensor de luminosidad recibirá la cantidad de luz solar que existe en el ambiente y este la trasformará a voltaje e ingresara al PLC a un módulo análogo el cual guardará la información en un registro (Reg.). Los datos del registro ingresarán a un modulo comparador el cual, por medio de una referencia que se establece desde programación, activará la marca M0.0. Cuando la marca M0.0 se activa también se activa la salida O 0.0 y hace girar en sentido de las agujas del reloj al motor que gobierna a las persianas y cuando están totalmente cerradas el microinterruptor (I 0.0) se habré e indica al motor que se detenga. Luego si las

condiciones de luz solar bajan de intensidad el motor comienza a girar en sentido inverso a las manecillas del reloj y se detendrá hasta que el microinterruptor (I0.1) indique que la persiana esta abierta.

Las señales de salida del PLC serán recibidas por el circuito de acople entre PLC y motor de persianas que se presenta a continuación.

Figura 29. Circuito de acople entre PLC y motor de apertura de persiana

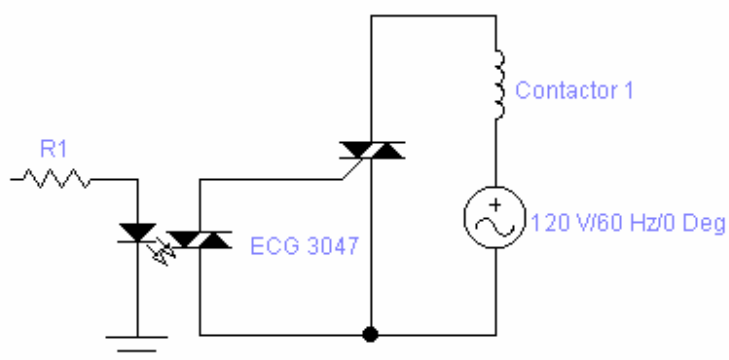
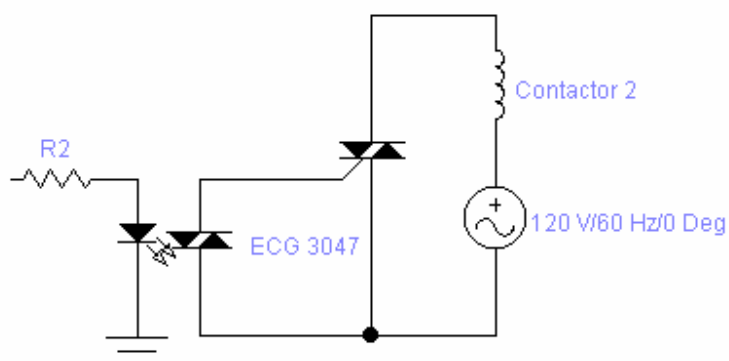


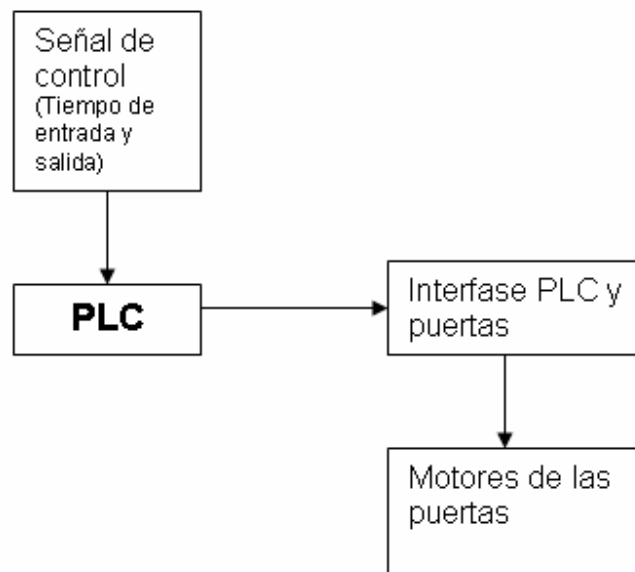
Figura 30. Circuito de acople entre PLC y motores de cierre de persiana



4.5 Diseño de control de puertas.

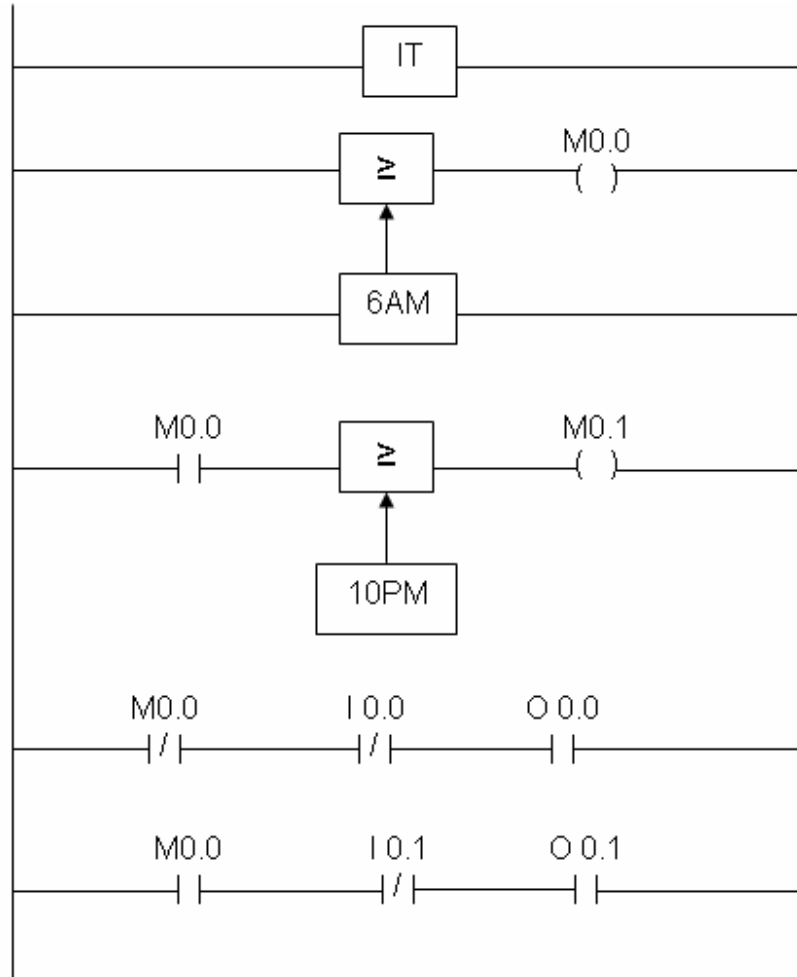
El sistema de control de puertas funcionará como se muestra en el diagrama a bloques siguiente.

Figura 31. Diagrama de bloque de control de puertas.



La señal de control que se utilizará en el diseño de control de puertas será la hora de apertura y cierre del edificio T1, por lo tanto las puertas se abrirán a las 6:00AM y se cerrara a las 10:00PM. Tomando en cuenta estos dos parámetros se ha diseñado el siguiente programa en el PLC.

Figura 32. Programa PLC de control de puertas



Básicamente este programa y el circuito de acople PLC y motores de puertas funcionan igual que el programa y circuito de acople PLC y motores de persianas, con la única diferencia que la señal de control del PLC es el horario de apertura y cierre del edificio T1.

5. ANÁLISIS DE AHORRO DE RECURSOS (AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA) EN COMPARACIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL

5.1 Presupuesto del proyecto para la automatización del edificio T1

Tomando en cuenta que un proyecto de esta naturaleza se puede realizar en término de 2 meses. Con la ayuda de 2 técnicos instaladores y un ingeniero al mando de los mismos. Y comprando el material directamente en las empresas importadoras de los mismos, podemos exponer el siguiente presupuesto del diseño de automatización del edificio T1.

Tabla V. Presupuesto del proyecto

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
46	Detectores de humo	Q250.00	Q11,500.00
46	Sensor de movimiento y presencia	Q200.00	Q9,200.00
62	Medidores de Caudal	Q325.00	Q20,150.00
62	Electroválvulas	Q180.00	Q11,160.00
2	Medidores de luminosidad	Q150.00	Q300.00
16	Mecanismos para puertas y persianas	Q1,500.00	Q24,000.00
32	Contactos magnéticos de puerta	Q75.00	Q2,400.00
1	PLC Siemens	Q1,000.00	Q1,000.00
5	Módulos análogos Siemens	Q800.00	Q4,000.00
5	Módulos digitales Siemens	Q800.00	Q4,000.00
1500	Mts. Cable multipar de 3 pares	Q1.40	Q2,100.00
2	Técnicos instaladores	Q3,000.00	Q6,000.00
1	Ingeniero	Q24,000.00	Q24,000.00

Total

Q119,810.00

5.2 Cálculo de la pérdida de recursos (energía eléctrica) en el Edificio T1 y recuperación de la inversión

Si decimos que pérdida de recursos es el mal uso o uso inadecuado de la utilización de la energía eléctrica, lo podemos catalogar como perdida debido a que si se utiliza mal la energía eléctrica, se esta aumentando la facturación de dicho recurso y se está perdiendo o desperdiciando dinero. Debido a que la facturación de la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA) debe ser menor a lo que se esta facturando.

Tomando como referencia que según la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA) en los meses de marzo a agosto del año 2005, el edificio T1 de la Universidad de San Carlos de Guatemala a consumido 400 Kwh. al día.

Si se supone que se pueda reducir cantidad de 400 Kwh./día a 360 Kwh./día., o sea que, se reduzca el consumo diario de energía eléctrica a 40 Kwh. Se obtendría un ahorro de energía eléctrica de Q 30,806.00 anuales.

Tabla VI. Cálculo de ahorro de energía eléctrica.

Según EGAS	400	Kwh./día
Reducción Propuesta	40	Kwh./día
Precio Kwh. según EGAS	Q 2.11	Precio Incluye IVA e impuestos
Ahorro de energía	Q 84.40	Diarios
Ahorro de energía	Q 30,806.00	Anuales

Y la forma en la cual se puede obtener este ahorro es simplemente reduciendo en 40 minutos la utilización de luz artificial en el edificio T1, o sea mantener apagada durante todo el día una margen de 40 minutos la luz artificial en todos los salones de clase y oficinas del edificio. Y esto se puede lograr debido a que el sistema de edificio inteligente podrá saber en que momentos no es necesario utilizar luz artificial durante el día.

Esta suposición es bastante válida debido a que a mera observación de la utilización de la luz artificial en las instalaciones del edificio T1. Se a notado que la luz artificial de los baños de todos los niveles siempre están encendidas y la mayoría del tiempo durante el día no hay nadie dentro de ellos, así mismo los salones de clase que sin que haya alumnado, la luz artificial permanece encendida y por último también en el horario de 21:15 a 22:00 horas están encendidas las luces de las oficinas, salones de clase y baños y el alumnado, personal de servicio y personal de seguridad existente en el edificio es bastante escaso. Por lo tanto todo esto conlleva a una mala utilización del alumbrado artificial dentro de las instalaciones del edificio T1 de la Universidad de San Carlos.

Tabla VII. Cálculo de ahorro de energía anual.

Potencia eléctrica de todo el alumbrado eléctrico	61.2	Kw.
Tiempo estimado	40	min.
Precio Kwh. según EGAS	Q 2.11	Precio Incluye IVA e impuestos
Ahorro de energía diario	40.8	Kwh./día
Ahorro de energía anual	Q 31,422.12	Por año

Con los datos y la información obtenía anteriormente, se obtiene que anualmente en el edificio T1 se desperdicia Q31,422.12.

Tomado como base la siguiente igualdad, la cual nos mostrará en cuantos años se puede recuperar la inversión de adaptar al edificio T1 de la universidad de San Carlos un diseño de automatización.

Costo del proyecto = desperdicio de recursos anualmente * n

Donde:

n = número de años

Podemos dar un estimado que la inversión inicial la podemos recuperar en 3.8 años.

CONCLUSIONES

1. La elaboración de un edificio inteligente surge de la necesidad de tener un ambiente más agradable y seguro en donde se pueda desarrollar actividades diarias.
2. La elaboración de un sistema de edificio inteligente ayuda a que el habitante del mismo se sienta más confortable y sea agradable permanecer dentro de las instalaciones.
3. La elaboración de un sistema de edificio inteligente ayuda a minimizar los riesgos de accidentes dentro de las instalaciones del mismo.
4. La implementación de un sistema de edificio inteligente ayuda grandemente en la eliminación de pérdidas de los recursos (agua y energía eléctrica).

RECOMENDACIONES

1. Para la elaboración del diseño de un edificio inteligente se debe tomar en cuenta posibles ampliaciones y remodelaciones que podrían darse en el futuro.
2. Dar mantenimiento preventivo al sistema de edificio inteligente, con el fin de proteger la inversión que se podría hacer, y así detectar posibles fallas en dicho sistema.
3. Supervisar y realizar sondeos de las posibles necesidades del edificio, posteriores a la implementación del sistema para poder realizar una ampliación.
4. Evaluar y calibrar los equipos que se usan en un sistema de edificio inteligente con el fin de minimizar al máximo los posibles errores de medición de todos los sensores usados en el diseño.

BIBLIOGRAFÍA

1. www.enconor.com/luminosidad/.html. **Enconor**. Septiembre 2004
2. www.prodigyweb.net.mx/cocheraselectricas/sensor.html. **Prodigy web**. Junio 2004.
3. www.koboldmessring.com/spanish/.html. **Kobold**. Julio 2004.
4. www.siemens.com.mx/A&D/EN/t_nav262.html. **Siemens**. Febrero 2005.
5. Manual de operación del PLC SIMATIC S7-300. **Introducción al SIMATIC S7-300 SIEMENS**
6. **Catalogó 2001 HUEBBELL**. Wiring Devices & Systems. Kellers Wire Managemnt
7. www.huebbel.com. **HUEBBELL**. Marzo 2005.
8. Halliday/Resnick/Krane. **FÍSICA**. 4ta. ed. Ed. CECSA
9. Robert L. Boylestad. **Análisis Introductorio de Circuitos**. 2da. Ed. Ed. Trillas
10. Fitzgerald A. E. **Máquinas Eléctricas**. 3era. ed. Ed. Hispano Europeo

11. Robert L. Boylestad. **Teoría de Circuitos**. 4ta. ed. Ed. Prentice Hall

12. **Manual de Instalaciones Industriales**. CECSA