

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA AUTOMATIZAR LOS  
CIRCUITOS DE ILUMINACION DE UN EDIFICIO COMERCIAL EMPLEANDO  
UN PLC

JUAN GABRIEL ARENAS MENESES

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERIAS

TECNOLOGIA MECATRONICA

MEDELLIN

2014

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA AUTOMATIZAR LOS  
CIRCUITOS DE ILUMINACION DE UN EDIFICIO COMERCIAL EMPLEANDO  
UN PLC

JUAN GABRIEL ARENAS MENESES

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Mecatrónica

Asesor:

Mauricio Velásquez Montoya  
Ingeniero de Control

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
TECNOLOGIA MECATRONICA  
MEDELLIN

2014

## RESUMEN

Este proyecto está basado en la idea de instalar y poner en marcha un sistema de control de iluminación aprovechando el sistema de cámaras de seguridad, utilizando en una configuración como sensores de presencia, al entregar una alarma al detectar presencia en el área de cobertura en la pantalla, para así activar los controles de un PLC, entregando la señal para el control de potencia de los circuitos de iluminación en un edificio de consultorios médicos, con el fin de cultivar más nuestro aprendizaje en el mundo de la automatización que viene desde la aplicación de las materias de estudio y campos de aplicación de la carrera.

## CONTENIDO

INTRODUCCION	9
1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	11
2. JUSTIFICACION	12
3. OBJETIVOS	14
3.1 General	14
3.2 Específicos	14
4. REFERENTES TEORICOS	15
4.1 Estructura de un sistema automatizado	15
4.2 Edificio inteligente	17
4.3 Edificio automatizado	19
4.4 Clasificación de los niveles de inteligencia de un edificio	19
4.5 Sistemas usados en el diseño de edificios inteligentes	22
4.6 Controladores lógicos programables (PLC)	29
4.7 Sensores de domótica	38
5. METODOLOGIA	40
6. DESARROLLO DEL TRABAJO	42
6.1 Evaluación de especificaciones y análisis de inversión	42
6.2 Diseño de la aplicación	46
6.3 Implementación del sistema de control	51
6.4 Realización de las pruebas del sistema	64

7. RECURSOS	72
7.1 Humanos	72
7.2 Técnicos	72
8. CONCLUSIONES	73
9. RECOMENDACIONES	74
GLOSARIO	75
BIBLIOGRAFIA	
77 LISTA DE FIGURAS	
Figura 1. Esquema funcional de un sistema automatizado	15
Figura 2. Sistema de perifoneo	22
Figura 3. Circuito cerrado de televisión	23
Figura 4. Sistema de alarma contra incendio	25
Figura 5. PLC LOGO SIEMENS	30
Figura 6. Sensores de domótica	39
Figura 7. Diagrama de automatización de un edificio	45
Figura 8. Plano eléctrico de las zonas a controlar	45
Figura 9. Imagen de PLC y sus módulos DVR	46
Figura 10. Funciones de los monitores DVR	46
Figura 11. Entradas de alarma de entrada y esquema	47
Figura 12. Salida de alarmas y esquema de conexión	47
Figura 13. Conexiones al DVR	47
Figura 14. Diagrama de conexión del panel de incendio	48
Figura 15. Ubicación de cámaras en el MEZANINI	54
Figura 16. Diseño de panel de visualización	63
Figura 17. Sistema visualizador de eventos	64
Figura 18. Primer programa de PLC con errores	65

Figura 19. Bloque de programa de PLC con modificaciones	68
Figura 20. Circuito de control electrónico	71

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos de la automatización	49
Tabla 2. Cámaras de parqueaderos	50
Tabla 3. Cámaras de pasillos	50
Tabla 4. Servidor y equipos de control	51
Tabla 5. Recursos técnicos	72

## INTRODUCCIÓN

La automatización edificios consiste en proveer a la construcción de herramientas tecnológicas que faciliten las labores de las personas que trabajan en el lugar, que permitan hacer un mejor uso de los recursos de energía y que proporcionen herramientas que faciliten el control de la seguridad. Este concepto propone la integración de todos los sistemas existentes en el edificio tales como Control de Accesos y Circuito Cerrado de Televisión.

El objetivo del trabajo presentado es realizar el diseño del Sistema de Control de iluminación en un edificio de consultorios en proceso de automatización, teniendo en cuenta los requerimientos de las personas que laboran en el edificio y lo que el mercado ofrece en este tipo de tecnología.

Proyectos similares a este tienen como ámbito de aplicación lugares como edificios de oficinas, hospitales, embajadas, museos, aeropuertos, etc.

Para la realización de este proyecto se ha escogido un edificio en el cual laboro desde el año 2009, vinculado a la administración de dicho edificio en el área de mantenimiento, que permitiera dotar a un edificio de un sistema de control de la iluminación de las zonas comunes. El proyecto ya fue presentado al concejo del edificio en una exposición durante la reunión mensual del mes de mayo del presente año, donde fue aprobado y recibió el presupuesto para su ejecución.

El edificio elegido no necesitaría de la completa instalación desde diseño e instalación del PLC pues ya cuenta con este sistema, lo que plantea el proyecto es unificar el circuito cerrado de televisión, PLC, software SCADA, red contra incendios y la infraestructura eléctrica de iluminación y redes hidráulica (agua potable) para potenciar su funcionalidad y convertirlo en un edificio eficiente,

inteligente y sentar las bases para convertirlo en una edificación amigable con el medio ambiente (edificios leed)

Durante este proyecto se especifica el sistema que se instalará y como se desarrollará, y para ello se definen las señales necesarias con su ubicación en campo y sus nomenclaturas de programa, se muestran los cableados de los sensores con los actuadores y de estos con los servidores, se detallan todos los equipos a utilizar y se diseñan los cuadros eléctricos para su instalación, se explica la forma de programar y configurar los diferentes equipos, se definen las diferentes formas de funcionamiento del sistema, se muestra el sistema SCADA, se configura el presupuesto, etc.

Para cumplir con el objetivo se debe tener en cuenta que el proyecto global es automatizar todo el edificio y que esta automatización se realizará de forma discreta, se diseñarán e instalarán los sistemas uno a uno siempre teniendo en cuenta la necesidad de que al final estos sistemas puedan establecer comunicación entre sí.

El presente diseño busca cubrir las expectativas que presenta El Edificio teniendo en cuenta lo que el mercado ofrece en este tipo de tecnologías.

Debido al carácter confidencial de parte de la información que se declara en este documento se ha considerado conveniente nombrar al edificio en cuestión como 'El Edificio'.



## 1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El cambio climático y la creciente escasez de recursos son retos importantes de nuestro tiempo. Además, muchos países del mundo dependen de la importación de energía, en la UE, por ejemplo, el 50 % de la energía consumida actualmente es importada, una cantidad que se espera alcance el 70 % en 2030. En contraste nuestro país posee buenas reservas de energía en el área de generación, específicamente en Antioquia por la capacidad hidráulica para el desarrollo de hidroeléctricas que prestan una eficiencia en costos de producción e impacto ambiental más bajos que otras formas de generación eléctrica, como las termoeléctricas alimentadas con carbón o gas natural, energía nuclear tan controversial. Y en comparación con energías renovables como eólica, biomasa, solar, que aun son costosas en nuestro país y con poca difusión, El uso eficiente y sostenible de la energía es por tanto una necesidad urgente.

Después de las áreas del transporte y generación de energía, la tecnología de la edificación es el mayor consumidor. La calefacción, el aire acondicionado y la iluminación de edificios residenciales y de oficinas constituyen aproximadamente el 40 % de la energía consumida en los países industrializados, una participación que deja mucho campo de acción para optimizar la eficiencia.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La ingeniería de sistemas de edificación apoyada por reguladores inteligentes de habitaciones y edificios conectados en red (iluminación, atenuación solar, calefacción, ventilación y aire acondicionado, así como otros sistemas técnicos del edificio) contribuye significativamente al uso moderado de la energía según la necesidad del momento.

Para la optimización de la eficiencia energética de los edificios se pueden aplicar varios conceptos y enfoques. En este contexto, la utilización del control de edificios inteligentes proporciona una alternativa demostrada e interesante que marca claramente la diferencia por su convincente relación costo/beneficio.

La optimización de la eficiencia energética de los edificios significa para nosotros

- Utilizar solamente la energía cuando realmente se necesita
- Utilizar solamente la cantidad de energía necesaria
- Aplicar la energía utilizada con la mayor eficiencia posible

En comparación con las instalaciones eléctricas clásicas, un sistema de control de edificios inteligentes ofrece ventajas significativas. Todos los distintos subsistemas funcionales del edificio se integran vía una línea de bus en un único sistema de comunicación. Esto permite una interacción óptima y eficaz desde el punto de vista energético de los subsistemas, lo que es prácticamente imposible con tecnología convencional. El sistema permite realizar un gran número de funciones interactivas, que incluyen:

- Control de iluminación
- Control de calefacción/ventilación
- Control de climatización

- Control de persianas
- Supervisión de alarmas
- Gestión energética
- Automatización centralizada

## 3. OBJETIVOS

### 3.1 GENERAL

Diseñar e implementar el sistema de control para automatizar los circuitos de iluminación de un edificio comercial, empleando un PLC y dispositivo de demótica de medición y control.

### 3.2 ESPECIFICOS

- Definir las especificaciones del sistema de control para el edificio
- Permitir múltiples opciones de visualización y control como por ejemplo, saber cuánta agua se consume en promedio por cada zona, para ser comparada con las facturas de las empresas prestadoras del servicio.
- Llevar registros y bases de datos sobre el consumo de energía y que personas se encuentran o se encontraron en el edificio en un momento dado, registrar mediante grabaciones de video y eventos de sistema cualquier actividad que se pueda suceder en el interior del edificio, control de visitas, etc.
- Dar a conocer los sistemas de automatización de edificios; las ventajas que ofrecen, las comodidades, su facilidad de uso y su incursión en la cotidiana.
- Implementar el sistema de control en el edificio y evaluar las especificaciones de diseño para garantizar el funcionamiento de la automatización.

## 4. REFERENTES TEORICOS

Toda instalación tiene que regirse por normas, estas son las del RETIE (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas).

Así mismo puesto que una instalación de estas características, no se realiza sola y exclusivamente de material domótico o inmótico, si no que el material eléctrico convencional también forma parte de estas instalaciones.

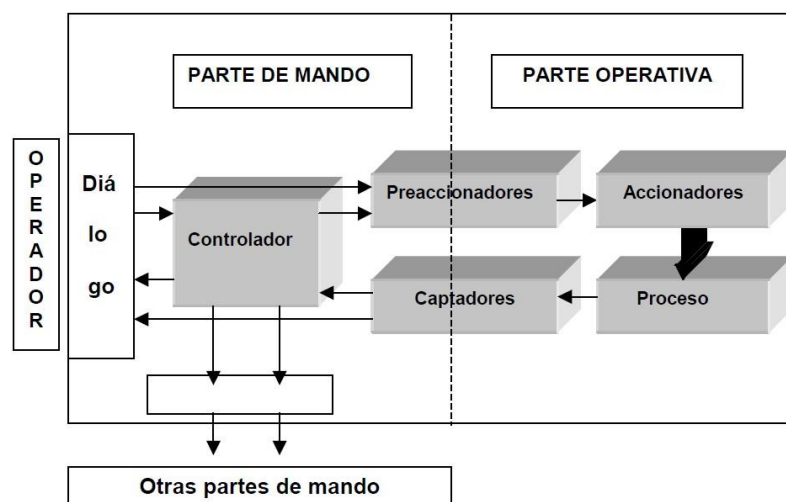
### 4.1 Estructura de un sistema automatizado

Todo sistema automatizado comprende dos partes:

Una Parte Operativa (P.O.) cuyos accionadores actúan sobre el sistema automatizado. La figura 1, esquematiza la organización de la Parte de Mando respecto a la Parte operativa.

Una Parte de Mando (P.M.) que coordina las acciones de la Parte de Operativa.

Figura 1. Esquema funcional de un sistema automatizado



Fuente: Imagen tomada de la web

Los útiles y medios diversos que se aplican en el proceso de elaboración, por ejemplo moldes, útiles de estampar, herramientas de corte, bombas, etc. Los accionadores destinados a mover el proceso automatizado, por ejemplo:

- Motor eléctrico para accionar una bomba.
- Cilindro hidráulico para cerrar un molde.
- Cilindro neumático para mover una cabeza de marcado.

La Parte de Mando es la que emite las órdenes hacia la Parte Operativa y recibe las señales de retorno para coordinar sus acciones. En el centro de la Parte de Mando está el “controlador” que coordina la información que a él converge:

*Interface con la máquina.*

Mandos de los accionadores (motores, cilindros) a través de los preaccionadores (Contactores, distribuidores, variadores,), adquisición de las señales de retorno por los captadores que informan de la evolución de la máquina.

*Relación hombre-máquina.*

Para utilizar, ajustar, reparar la máquina, el personal emite consignas y recibe informaciones en retorno.

*Conexión con otras máquinas.*

Varias máquinas pueden cooperar en una misma producción. Su coordinación está garantizada por el diálogo entre sus Partes de Mando.

## 4.2 Edificio inteligente

Un edificio inteligente se define como una estructura que ofrece a sus usuarios y administradores un conjunto coherente de herramientas y facilidades. Está diseñado para poder cubrir todos los posibles adelantos tecnológicos, siempre tomando en cuenta las necesidades reales de los usuarios y administradores del edificio.

La finalidad de un edificio inteligente es la de proporcionar un ambiente de confort y seguridad, para maximizar la productividad y la creatividad así como hacer que la gente se sienta a gusto en su lugar de trabajo. Además este tipo de edificios debe proporcionar medios para un mantenimiento eficiente y oportuno, todo lo anterior minimizando costos.

Una de las principales características de un edificio inteligente es, el ser concebido de tal forma que sea flexible a cambios futuros, como podrían ser: incorporar nuevas tecnologías, actualización de equipos y cambios en la distribución interna de las oficinas, entre otros. Incluso se dice que la única característica que tienen en común todos los edificios inteligentes es una estructura diseñada para acomodar cambios de una manera conveniente y económica.

Generalmente (pero no necesariamente) incorpora sistemas de manejo de información que soportan el flujo de esta a lo largo de todo el edificio (flujo de información interno y externo). Esto permite que el edificio inteligente ofrezca servicios avanzados de:

- a) Automatización de actividades.
- b) Telecomunicaciones.

Ello permite además:

- c) Control automatizado.
- d) Monitoreo.
- e) Administración y mantenimiento efectivos de los distintos subsistemas o servicios del edificio, de forma óptima e integrada, local y/o remota.

Desde esta perspectiva, un edificio inteligente es la integración de una gama de servicios y sistemas que son controlados, monitoreados y administrados por un equipo central.

#### 4.2.1 Niveles de inteligencia de un edificio

El instituto Cerdá, (autor de I. Cerdá), es una fundación privada, que se dedica asesorar a diversas empresas para el diseño y construcción de edificios inteligentes. Ellos han intentado definir los posibles niveles de inteligencia que se puede encontrar en un edificio.

Es muy difícil una línea divisoria para diferenciar a los edificios inteligentes de los no inteligentes o convencionales. Sin embargo, desde el punto de vista tecnológico, existen consideraciones generales sobre las condiciones mínimas que debe cumplir un edificio para ser inteligente.

De acuerdo I instituto Cerdá el calificativo “inteligente” asociado, en términos técnicos, a un equipo o sistema, implica la existencia de al menos una unidad de proceso en dicho equipo o sistema y, un edificio será “tecnológicamente inteligente” si incorpora en su propia infraestructura unidades de proceso interconectadas por medio de un sistema abierto de cableado y equipos de comunicaciones.

Ellos consideran que se debe diferenciar entre un edificio automatizado y un edificio inteligente, presentando las siguientes definiciones (I. Cerdá):



### 4.3 Edificio automatizado

Un edificio automatizado, es aquel que incorpora sistemas que responden de forma automática a necesidades y requerimientos cambiantes, maximizando el uso del edificio y minimizando los costos de operación. Por ejemplo:

- Sistemas que permiten optimizar el consumo energético.
- Sistemas de seguridad (alarmas, extintores, etcétera).
- Sistemas de alimentación de corriente interrumpida.
- Climatización zonal.
- Mantenimiento automatizado.

Además, un edificio automatizado puede incluir (opcional) los aspectos de flexibilidad de diseño. (I. Cerdá)

### 4.4 Clasificación de los niveles de inteligencia de un edificio

Para aclarar la diferencia entre edificio automatizado e inteligente se definen cuatro niveles de inteligencia. Estos se obtienen de la combinación de distintos grados de automatización de un edificio con tecnología de la información. (I. Cerdá)

Las características tecnológicas de un edificio se pueden separar en dos grupos:

- a) Servicios de automatización del edificio.
- b) Servicios basados en tecnologías de la información.

Estos grupos se pueden separar a su vez en varios niveles: A)

Servicios de automatización del edificio:

Nivel A0:

- Pocas instalaciones técnicas automatizadas.
- En el mejor de los casos, se lleva a cabo una supervisión de un cierto número de puntos; no existe control.
- No existe ningún tipo de integración entre los sistemas técnicos.

#### Nivel A1:

- Existen sistemas de control centralizado de las instalaciones del edificio.
- Poca o nula integración (sistemas de control funcionando independientemente).

#### Nivel A2:

- Todas las instalaciones están controladas centralmente totalmente integradas.

### B) Servicios basados en tecnología de la información.

#### Nivel I1:

- Existen servicios de automatización de la actividad y de telecomunicaciones sin que estén integrados.

#### Nivel I2:

- Existen servicios integrados a distintos niveles:
- Cableado.
- Funcionamiento coordinado de los distintos equipos.
- Un entorno RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).

Toando las combinaciones más significativas de estos niveles (A0, A1, A2) con (I1, I2), se obtienen los distintos grados de inteligencia para un edificio:

#### (A1, I1):

- Grado de inteligencia mínimo
- Grado de integración mínimo
- Requiere mayor esfuerzo de gestión para el mantenimiento de las condiciones óptimas de operación.

(A1, I2):

- Esta es una situación de transición hacia otras combinaciones.

Si hay integración de los equipos de tecnología de la información, probablemente existirá también integración de los sistemas de automatización.

(A2, I1):

- Grado de inteligencia mediano.
- Grado de integración intermedio.
- Posibilidad razonable de que se tienda un mayor grado de integración.

(A2, I2):

- Grado de inteligencia máximo.
- Grado de integración máximo.
- Requiere mayor inversión.
- Mayor complejidad tecnológica.

Cabe notar que el nivel de automatización A0 no se ha tomado en cuenta, ya que se considera que si las instalaciones del edificio no están automatizadas, no se puede tener un edificio inteligente.

También la combinación (A1, I1) se considera una situación de transición hacia otras combinaciones. Si hay integración de los equipos de tecnología de la información, probablemente existirá también integración de los sistemas de automatización.

#### 4.5 Sistemas usados en el diseño de edificios inteligentes

En este nivel de la investigación se presentarán las tecnologías con las que el

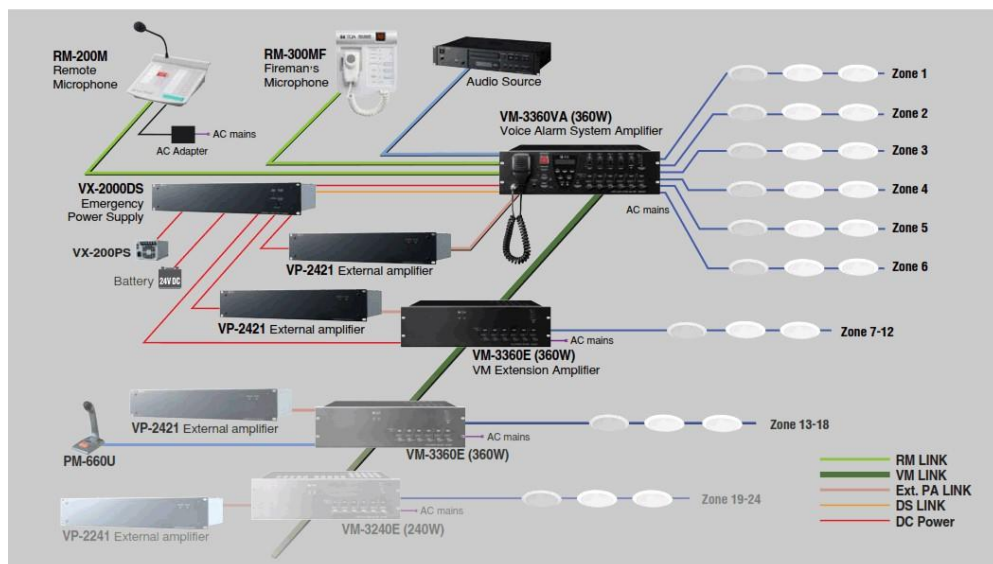
Edificio de Oficina principal cuenta o está proyectando instalar en este proceso de modernización, como son: Sistemas de Evacuación y Perifoneo, Circuito Cerrado de Televisión CCTV, Sistema de detección y Alarma de Incendios y Control de Accesos.

El concepto de Edificio Inteligente agrupa todas estas tecnologías y las hace trabajar en una forma integrada para poder aprovechar al máximo las funciones que brindan.

#### 4.5.1 Sistemas de Evacuación y Perifoneo.

Este sistema tiene como misión principal la de salvaguardar la integridad de las personas ocupantes del edificio. Consiste en una serie de parlantes especiales ubicados en lugares estratégicos que sirven para informar a las personas si hay alguna anomalía en el edificio (emergencias). Ver figura 2.

Figura 2. Sistema de Perifoneo



Fuente: <http://denky.com/toa-evacuacion-voz-perifoneo/>

Sin embargo, también puede ser utilizado para hacer anuncios públicos o difusión musical (megafonía).

- Difundir emisiones públicas de avisos rutinarios, de situaciones importantes y de emergencia.
- Emitir difusiones simultáneas de diferentes llamadas a distintas ubicaciones.
- Difundir música ambiental a todas las ubicaciones o a ubicaciones seleccionadas
- Proporcionar una función automática de anuncio para emitir avisos rutinarios, de situación y de emergencia.

#### 4.5.2 Circuito Cerrado de Televisión; CCTV.

Este sistema consiste en un conjunto de cámaras interconectadas directamente con el propósito de brindar seguridad a determinadas áreas en las esto es un factor crítico. Figura 3.

Figura 3. Circuito cerrado de televisión



Fuente: <http://ciudaddemexico.olx.com.mx/circuito-cerrado-de-television>

El CCTV permite acceder visualmente a los distintos ambientes del edificio desde el centro de control, cuando este sistema está integrado con los demás sistemas del edificio puede ser programado para reaccionar de acuerdo a las alarmas que

generan los demás sistemas y enviar imágenes del lugar en donde se ha generado la alarma inmediatamente.

La tecnología usada en la actualidad en este tipo de sistemas es la del DVR (Digital Video Recorder), esta tecnología permite almacenar las grabaciones en forma digital, lo que permite usar las computadoras para manejar las cámaras y almacenar los archivos que éstas generan.

Actualmente el protocolo TCP/IP es también usado para transmitir los datos que generan las cámaras, con esto se logra poder aprovechar el cableado estructurado existente y se evita el tener que instalar una red independiente.

#### 4.5.3 Sistema de detección y alarma de incendio.

El sistema de detección y alarma contra incendios tiene como finalidad la de salvaguardar la vida de las personas que se encuentran dentro del edificio, facilitando de manera rápida y eficiente la detección de fuegos primarios indicando el lugar donde éstos se están produciendo. Figura 4.

Este sistema consta de una serie de sensores y dispositivos que al actuar en conjunto permiten ubicar inicios de posibles incendios para poder tomar las medidas correspondientes en el momento adecuado.

Debido al grado de confiabilidad que debe tener un sistema encargado de salvaguardar las vidas de las personas, se han encargado estándares que ayudan a que los diseños sean eficientes y puedan cumplir su función.

La NFPA (Asociación Nacional de Protección de Fuego) es la asociación que se encarga de normar las instalaciones de sistemas de detección y alarmas contra incendios. Esta organización busca constantemente mejorar la calidad de estos sistemas para brindar una mayor seguridad al usuario. Los sistemas que se

instalan en la actualidad deben, por seguridad estar sujetos a estas normas para asegurar el buen funcionamiento de la red en caso de ocurrir una emergencia.

Figura 4. Sistema de alarma contra incendio



Fuente: <http://www.informaticacomercial.com/seguridad/alarmas.php>

Asimismo, el sistema instalado deberá tener una simbología adecuada que permita a las personas saber cómo actuar en un momento de riesgo. Para este fin se ha buscado estandarizar también los símbolos que se usan para señalar las acciones a seguir en caso de una emergencia.

Con esto se logra que las personas se familiaricen con la simbología en cualquier sitio en el que estén y puedan actuar rápido en cualquier circunstancia de riesgo.

El EN54 es el documento actualizado en donde se establecen cuales son los símbolos estandarizados y su respectivo significado.

Es deseable además que los sistemas de detección y alarma contra incendio actúen en conjunto con el sistema de CCTV, así se podrá tener, a parte de la ubicación del siniestro, una figura clara de lo que está pasando, para poder tomar las medidas que requiera la emergencia en el menor tiempo posible.

#### 4.5.4 Cableado estructurado.

A continuación se presentan los medios por los cuales se transmiten los datos a través del edificio.

##### *Fibra Óptica*

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones). Llevan mensajes en forma de haces de luz que pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

Las fibras ópticas pueden ahora usarse como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos (tales como sistemas de procesamiento de datos de aviones), como en grandes redes geográficas (como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas).

##### *Cable Coaxial*

Este cable está formado por dos conductores concéntricos. El conductor central o núcleo está formado por un hilo sólido de cobre (llamado positivo o vivo), rodeado por una capa aislante (llamado dieléctrico) que lo separa de exterior, formado por una malla trenzada de cobre o aluminio, este conductor produce un efecto de apuntalamiento y además sirve como retorno de las corrientes.



Todo el conjunto está protegido por una cubierta aislante. Existen múltiples tipos de cable coaxial, cada uno con un diámetro e impedancia diferentes. El cable coaxial se utiliza en redes de comunicación de banda ancha y cables de banda base. El cable coaxial no es habitualmente afectado por interferencias externas, y es capaz de lograr altas velocidades de transmisión en largas distancias.

### *Cable UTP*

El cable UTP es el tipo de cable más usado en las redes de computadoras. Es una variante del cable de par trenzado. Los cables UTP usualmente también son llamados 'Cables Ethernet', ya que es el estándar de redes más usado que utiliza cables UTP.

En contraste con los cables FTP y STP, los cables UTP no tienen una cubierta conductora, por lo que no están protegidos contra el ruido externo, sin embargo, es el más usado debido a su flexibilidad y fácil manejo.

Este tipo de cableado cuenta con el efecto de cancelación que producen los pares trenzados de hilos para limitar la degradación de la señal.

En el caso de la Red LAN del edificio en el que se desarrolla la problemática, se usada el cableado UTP de Categoría 5e. Esta categoría está definida en la TIA/EIA - 568-B y provee un desempeño de hasta 125MHz.

Es usada para redes 100Mbps/s y hasta Gigabit Ethernet en algunos casos, pero no es recomendable.

### 4.5.5 Control de Accesos.

Los Sistemas de Control de Accesos son usados por muchas organizaciones privadas y del Estado, grandes negocios y plantas industriales para identificar y dar acceso a cualquiera que pertenezca a un área a la que se desee acceder.

Estos sistemas no son usados únicamente para bloquear o desbloquear accesos, también puede ser usado para almacenar información del personal, cargar cuentas del personal para compras dentro del lugar, como en la cafetería, o para acceder a determinados equipos tales como computadoras personales o impresoras.

Entre los dispositivos empleados para el control de accesos se encuentran las lectoras de tarjetas, las tarjetas de acceso de los usuarios y los contactos magnéticos que manejarán la apertura y cierre de las puertas de forma automática.

Estos elementos terminales se comunican con un controlador principal a través de un protocolo de comunicación predeterminado. En los últimos años la necesidad de uso de diferentes fabricantes un mismo sistema ha dado origen a la creación de estándares comunes a todos los fabricantes y cada vez más usuarios prefieren el uso de estos protocolos. Para el caso de la comunicación entre los terminales y el controlador principal se maneja el protocolo de comunicación Wiegand.

El protocolo Wiegand es abierto, maneja niveles de voltaje TTL a velocidades bajas (500 baudios). La tarjetas de acceso tienen en su interior un cable ferromagnético que al ser excitado por la lectora genera un voltaje que es medido y reconocido como un código por la lectora.

Estos niveles de voltaje actúan como una codificación binaria, la mayor capacidad que pueden alcanzar es la de 84 bits, es decir, puede llegar a almacenar información de hasta 137 billones de usuarios.

La comunicación entre el controlador principal y el servidor de Control de accesos se realiza a través de la Red LAN, teniendo opción a conectarse mediante cableado redundante directamente al servidor, mediante protocolo RS-485. El uso de este protocolo asegura que la información viaje sin problemas a través de

distancias largas, de hasta 1,2 km. El cableado para este propósito debe ser apantallado y la pantalla debe estar aterrada.

Es preciso mencionar que el ancho de banda que consume el sistema es despreciable en comparación con las capacidades de transmisión que tienen actualmente el cableado estructurado de los edificios de oficinas.

Según la Asociación BICSI, es muy importante que el Sistema de Control de Accesos tenga comunicación con otros sistemas del Edificio Inteligente, tales como el CCTV o el Sistema de Alarma Contra Incendio, para poder alcanzar un uso óptimo de los recursos.

#### 4.6 Controladores lógicos programables (PLC)

El PLC es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los equipos. Es importante conocer sus generalidades y lo que un PLC puede hacer por tu proceso, pues podrías estar gastando mucho dinero en mantenimiento y reparaciones, cuando estos equipos te solucionan el problema. Figura 5.

Figura 5. PLC LOGO Siemens



Fuente: Fotografía tomada por el autor

#### 4.6.1 Campos de Aplicación del PLC

En la actualidad el campo de aplicación de un PLC es muy extenso. Se utilizan fundamentalmente en procesos de maniobras de máquinas, control, señalización, etc. La aplicación de un PLC abarca procesos industriales de cualquier tipo y ofrecen conexión a red; esto te permite tener comunicado un PLC con una PC y otros dispositivos al mismo tiempo, permitiendo hacer monitoreo, estadísticas y reportes.

#### 4.6.2 Ventajas del PLC

Hablar sobre las ventajas que ofrece un PLC es un tema largo, pero aquí te presentare las más importantes:

- Ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, principalmente por su variedad de modelos existentes.
- Menor tiempo empleado en su elaboración.
- Podrás realizar modificaciones sin cambiar cableado.
- La lista de materiales es muy reducida.
- Mínimo espacio de aplicación.
- Menor costo.
- Mantenimiento económico por tiempos de paro reducido.

#### 4.6.3 Funcionamiento de un PLC

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar la cual es almacenada en su memoria y procesada por su procesador.

Esta información es recibida por captadores (sus entradas), que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los actuadores (sus salidas) de la instalación.

El HARDWARE que es la parte física o tangible del ordenador y del autómeta. El SOFTWARE es la parte que no es tangible: es el programa o programas que hacen que el ordenador o el autómeta hagan un trabajo determinado.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los preaccionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Por todo esto es evidente que por medio de la implementación de un sistema de control PLC es posible hacer automático prácticamente cualquier proceso, mejorar la eficiencia y confiabilidad de la maquinaria, y lo más importante bajar los costos.

#### 4.6.4 Diseño de sistemas de control con PLC

Los PLC fueron inventados en respuesta a las necesidades de la automatización de la industria automotriz norteamericana por el ingeniero Estadounidense Dick Morley. Antes de los PLC, el control, la secuenciación, y la lógica para la manufactura de automóviles era realizada utilizando relés, contadores, y controladores dedicados.

El proceso para actualizar dichas instalaciones en la industria año tras año era muy costoso y consumía mucho tiempo, y los sistemas basados en relés tenían que ser recableados por electricistas especializados.

En 1968 GM Hydramatic (la división de transmisiones automáticas de General Motors) ofertó un concurso para una propuesta del reemplazo electrónico de los sistemas cableados.

La propuesta ganadora vino de Bedford Associates de Boston, Massachusetts. El primer PLC, fue designado 084, debido a que fue el proyecto ochenta y cuatro de Bedford Associates. Bedford Associates creó una nueva compañía dedicada al desarrollo, manufactura, venta y servicio para este nuevo producto: Modicon (Modular Digital CONTroller o Controlador Digital Modular).

Una de las personas que trabajó en ese proyecto fue Dick Morley, el que es considerado como "padre" del PLC. La marca Modicon fue vendida en 1977 a Gould Electronics, y posteriormente adquirida por la compañía Alemana AEG y más tarde por Schneider Electric, el actual dueño.

Uno de los primeros modelos 084 que se construyeron se encuentra mostrado en la sede de Modicon en el Norte de Andover, Massachusetts. Fue regalado a Modicon por GM, cuando la unidad fue retirada tras casi veinte años de servicio ininterrumpido.

La industria automotriz es todavía una de las más grandes usuarias de PLC, y Modicon todavía numera algunos de sus modelos de controladores con la terminación ochenta y cuatro.

Los PLC son utilizados en muchas diferentes industrias y máquinas tales como máquinas de empaquetado y de semiconductores.

Algunas marcas con alto prestigio son ABB Ltd., Koyo, Honeywell, Siemens, Trend Controls, Schneider Electric, Omron, Rockwell (Allen-Bradley), General Electric, fraz max, Tesco Controls, Panasonic (Matsushita), Mitsubishi e Isi Matrix machines. También existe un rango de PLCs fabricados para aplicaciones en

automotores, embarcaciones, ambulancias y sistemas móviles para el mercado internacional de SCM International. Ver Figura 13, estructura física de un PLC.

#### 4.6.5 Señales Analógicas y digitales

Las señales digitales o discretas como los interruptores, son simplemente una señal de On/Off (1 ó 0, Verdadero o Falso, respectivamente).

Los botones e interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta.

Las señales discretas son enviadas usando la tensión o la intensidad, donde un rango específico corresponderá al On y otro rango al Off.

Un PLC puede utilizar 24V de voltaje continuo en la E/S donde valores superiores a 22V representan un On, y valores inferiores a 2V representan Off. Inicialmente los PLC solo tenían E/S discretas.

Las señales analógicas son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala.

Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC, con varios rangos de precisión dependiendo del dispositivo o del número de bits disponibles para almacenar los datos.

Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas. Las señales analógicas pueden usar tensión o intensidad con una magnitud proporcional al valor de la señal que procesamos. Por ejemplo, una entrada de 4-20 mA o 0-10 V será convertida en enteros comprendidos entre 032767.

Las entradas de intensidad son menos sensibles al ruido eléctrico (como por ejemplo el arranque de un motor eléctrico) que las entradas de tensión.

Ejemplo:

Como ejemplo, las necesidades de una instalación que almacena agua en un tanque. El agua llega al tanque desde otro sistema, y como necesidad a nuestro ejemplo, el sistema debe controlar el nivel del agua del tanque.

Usando solo señales digitales, el PLC tiene 2 entradas digitales de dos interruptores del tanque (tanque lleno o tanque vacío). El PLC usa la salida digital para abrir o cerrar una válvula que controla el llenado del tanque.

Si los dos interruptores están apagados o solo el de "tanque vacío" esta encendido, el PLC abrirá la válvula para dejar entrar agua. Si solo el de "tanque lleno" esta encendido, la válvula se cerrara.

Si ambos interruptores están encendidos sería una señal de que algo va mal con uno de los dos interruptores, porque el tanque no puede estar lleno y vacío a la vez.

El uso de dos interruptores previene situaciones de pánico donde cualquier uso del agua activa la bomba durante un pequeño espacio de tiempo causando que el sistema se desgaste más rápidamente. Así también se evita poner otro PLC para controlar el nivel medio del agua.

Un sistema analógico podría usar una báscula que pese el tanque, y una válvula ajustable. El PLC podría usar un PID para controlar la apertura de la válvula.

La báscula está conectada a una entrada analógica y la válvula a una salida analógica. El sistema llena el tanque rápidamente cuando hay poca agua en el tanque. Si el nivel del agua baja rápidamente, la válvula se abrirá todo lo que se pueda, si el caso es que el nivel del agua está cerca del tope máximo, la válvula estará poco abierta para que entre el agua lentamente y no se pase de este nivel.

Con este diseño del sistema, la válvula puede desgastarse muy rápidamente, por eso, los técnicos ajustan unos valores que permiten que la válvula solo se abra en unos determinados valores y reduzca su uso.



Un sistema real podría combinar ambos diseños, usando entradas digitales para controlar el vaciado y llenado total del tanque y el sensor de peso para optimizarlos.

#### 4.6.6 Capacidades E/S en los PLC modulares

Los PLC modulares tienen un limitado número de conexiones para la entrada y la salida. Normalmente, hay disponibles ampliaciones si el modelo base no tiene suficientes puertos E/S.

Los PLC con forma de rack tienen módulos con procesadores y con módulos de E/S separados y opcionales, que pueden llegar a ocupar varios racks. A menudo hay miles de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales.

A veces, se usa un puerto serie especial de E/S que se usa para que algunos racks puedan estar colocados a larga distancia del procesador, reduciendo el coste de cables en grandes empresas.

Alguno de los PLC actuales pueden comunicarse mediante un amplio tipo de comunicaciones incluidas RS-485, coaxial, e incluso Ethernet para el control de las entradas salidas con redes a velocidades de 100 Mbps.

Los PLC usados en grandes sistemas de E/S tienen comunicaciones P2P entre los procesadores. Esto permite separar partes de un proceso complejo para tener controles individuales mientras se permita a los subsistemas comunicarse mediante links.

Estos links son usados a menudo por dispositivos de Interfaz de usuario (HMI) como keypads o estaciones de trabajo basados en ordenadores personales.

El número medio de entradas de un PLC es 3 veces el de salidas, tanto en analógico como en digital.

Las entradas “extra” vienen de la necesidad de tener métodos redundantes para controlar apropiadamente los dispositivos, y de necesitar siempre más controles de entrada para satisfacer la realimentación de los dispositivos conectados.

#### 4.6.7 Programación de los PLC

Los primeros PLC, en la primera mitad de los 80, eran programados usando sistemas de programación propietarios o terminales de programación especializados, que a menudo tenían teclas de funciones dedicadas que representaban los elementos lógicos de los programas de PLC.

Los programas eran guardados en cintas. Más recientemente, los programas PLC son escritos en aplicaciones especiales en un ordenador, y luego son descargados directamente mediante un cable o una red al PLC.

Los PLC viejos usan una memoria no volátil (magnetic core memory) pero ahora los programas son guardados en una RAM con batería propia o en otros sistemas de memoria no volátil como las memoria flash.

Los primeros PLC fueron diseñados para ser usados por electricistas que podían aprender a programar los PLC en el trabajo. Estos PLC eran programados con lógica de escalera.

Los PLC modernos pueden ser programados de muchas formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como el BASIC o C. Otro método es usar la Lógica de Estados (State Logic), un lenguaje de programación de alto nivel diseñado para programas PLC basándose en los diagramas de transición de estados.

Recientemente, el estándar internacional IEC 61131-3 se está volviendo muy popular. IEC 61131-3 define cinco lenguajes de programación para los sistemas de control programables: FBD (Function block diagram), LD (Ladder diagram),

ST (Structured text, similar al Lenguaje de programación Pascal), IL (Instruction list) y SFC (Sequential function chart).

Mientras que los conceptos fundamentales de la programación del PLC son comunes a todos los fabricantes, las diferencias en el direccionamiento E/S, la organización de la memoria y el conjunto de instrucciones hace que los programas de los PLC nunca se puedan usar entre diversos fabricantes. Incluso dentro de la misma línea de productos de un solo fabricante, diversos modelos pueden no ser directamente compatibles.

La estructura básica de cualquier autómeta programable es:

Fuente de alimentación: convierte la tensión de la red, 110 ó 220V ac a baja tensión de cc (24V por ejemplo) que es la que se utiliza como tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el autómeta.

CPU: la Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema.

Es el encargado de recibir órdenes del operario a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Después las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

Módulo de entradas: aquí se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera). La información que recibe la envía al CPU para ser procesada según la programación. Hay 2 tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los pasivos y los activos.

Módulo de salida: es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, motores pequeños, etc.).

La información enviada por las entradas a la CPU, cuando está procesada se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas (también los actuadores que están conectados a ellas). Hay 3 módulos de salidas según el proceso a controlar por el autómeta: relés, triac y transistores.

Terminal de programación: la terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Sus funciones son la transferencia y modificación de programas, la verificación de la programación y la información del funcionamiento de los procesos.

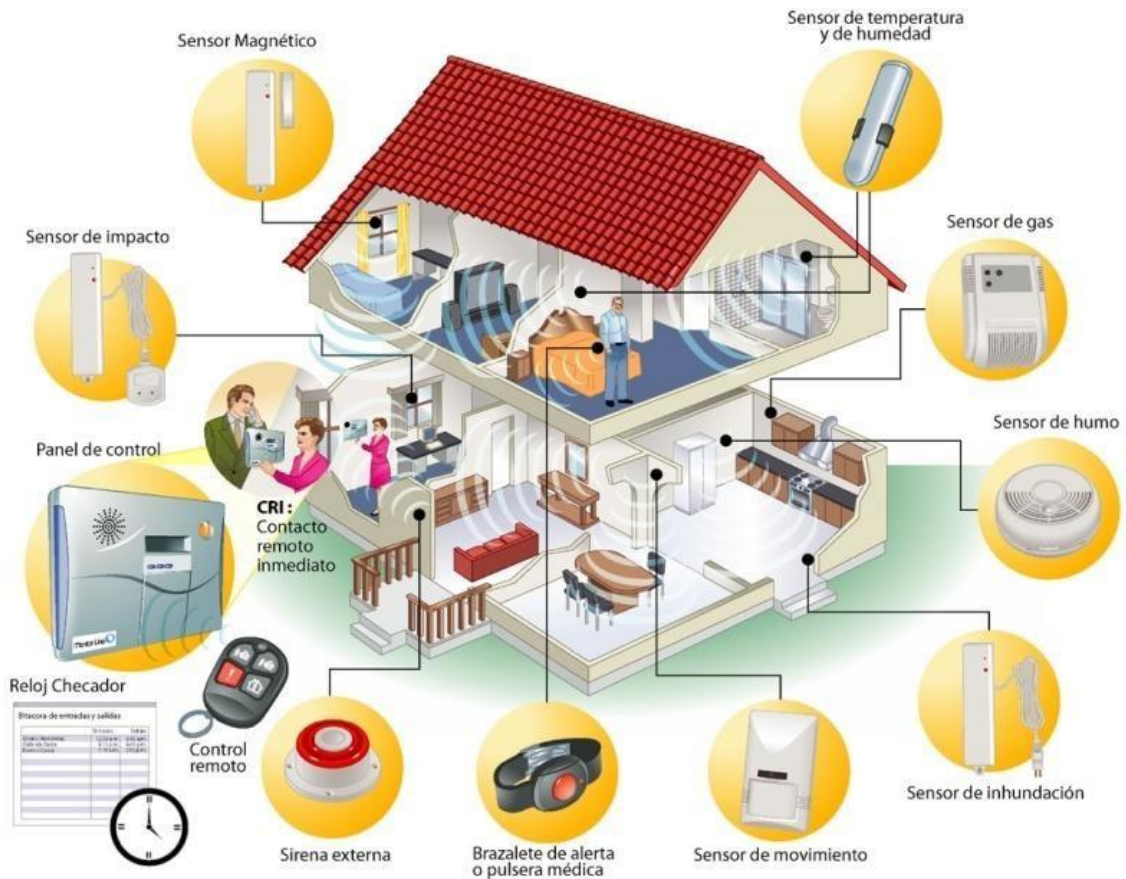
Periféricos: ellos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómata pero sí que facilitan la labor del operario.

#### 4.7 SENSORES DE DOMOTICA

A continuación se hace una lista de los principales sensores de domótica que están disponibles en el comercio:

- Sensores de fuego – humo, gas y CO
- Sensores de presencia
- Sensores magnéticos y de rotura de cristal
- Barreras de seguridad
- Sensores de luminosidad
- Detectores de pánico y emergencias
- Detectores de inundación
- Sensores de temperatura
- Sensores de viento, lluvia y humedad

Figura 6. Sensores de domótica



Fuente: <http://www.livemodern.org/teoria-de-la-domotica/sensores-en-domotica/>

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Tipo de proyecto

El proceso metodológico que se ha desarrollado durante el proyecto fue encaminado al empleo de los siguientes métodos: El inductivo, el deductivo, el sistémico y el fáctico, orientado a una investigación de tipo formativo y aplicada, con un nivel de carácter descriptivo básicamente.

El método inductivo, parte de los hechos observados, para luego determinar resultados y formular principios y leyes; es decir, que se fundamenta en la generalización de propiedades comunes de varios objetos o hechos observados a hechos u objetos que se encuentren en un próximo futuro.

En este caso por ejemplo, se ha observado que el sistema de control del edificio existente no cumplía con los requerimientos de seguridad y se estaba desperdiciando la inversión hecha por los propietarios del edificio.

Por lo tanto, con el método deductivo se parte de estos principios para extraer los casos particulares de aplicación.

Se fundamenta entonces en la relación que existe entre un antecedente universal (sistemas de seguridad) y un consecuente particular (sistema de seguridad para un edificio inteligente).

Se ha abordado además el método sistémico (estratégico), que servirá de ayuda para organizar la información pertinente relacionada con la solución del problema y el método fáctico porque nos sitúa en algo real y concreto, como es el hecho de que pude materializar un control con tecnología de punta y efectivo.

En lo que se refiere al tipo de investigación, es de carácter formativo y aplicado, porque allí se plasman todos los conocimientos que adquirimos durante el pensum académico a una situación concreta y revestido de un nivel descriptivo amplio que nos ayuda a darle solución técnica a algunos problemas de la Central y de esta manera seguir cumpliendo con su misión.

Lo que se denomina Metodología propiamente dicha se refiere específicamente al proceso operativo, es decir las técnicas para la recolección de la información y análisis de los resultados o sea al conjunto de procedimientos y habilidades que señalan los medios y pasos para la realización del proyecto.

## 5.2 Plan de trabajo

- Recopilación de la información de los planos, esquemas del control existente e información técnica como manuales de diseño y actualización de estos.

- Análisis y estudio del diseño inicial y de los componentes a utilizar.
- Cotización de accesorios, instrumentos, cables de fuerza y control.
- Simulación de instrumentos de control.
- Corrección de las fallas del sistema.

### 5.3 Análisis de la información

#### 5.3.1 Fuentes primarias

- Analista de mantenimiento electrónico y mecánico.
- Asistentes de operación y mantenimiento.

#### 5.3.2 Fuentes secundarias

- Manuales de operación y mantenimiento suministrados por fabricantes

## 6. DESARROLLO DEL TRABAJO

### 6.1 Evaluación de especificaciones y análisis de inversión

A primera vista, parece como si los costos de la inversión fuesen mayores que el gasto para una instalación convencional. Como inversores experimentados, a los propietarios de edificios les interesan naturalmente los costos en todo el ciclo de vida. En la fase de proyecto y construcción, la inversión material inicial es mayor debido a que la funcionalidad del sistema es considerablemente mayor. Sin embargo, cuando se tienen en cuenta todos los gastos, la relación de costos se transforma:

A largo plazo, se pueden conseguir ahorros de hasta el 30 % en comparación con los costos habituales.

Durante la construcción ahorra tiempo y dinero en comparación con una instalación convencional de funcionalidad comparable desde el mismo comienzo de la fase de inversión. Esto es debido ha:

- Proyecto más flexible
- Menores costos de instalación
- Puesta en servicio más eficiente

Durante el funcionamiento la visualización de los datos importantes del funcionamiento del edificio y el procesamiento de mensajes de incidencias reducen significativamente los costos de gestión y mantenimiento del edificio. Pero esto no es todo, ya que en comparación con los edificios sin sistemas de control de edificios inteligentes, el ahorro energético puede ser muy sorprendente en función del tipo de edificio:

Hasta un 60 % de la energía de alumbrado eléctrico a través de un control constante de la iluminación, detección de presencia y control de atenuación solar inteligente.

Hasta un 25 % de la energía del aire acondicionado a través de funciones tales como el control de habitación individual, la detección de presencia y la atenuación solar.

#### 6.1.1 Control de Edificios Inteligentes

En muchas áreas de nuestra vida privada y laboral nos enfrentamos diariamente con la tendencia del nivel creciente de la automatización sin casi darnos cuenta.

La automatización de los edificios tiene como fin el combinar entre sí las funciones específicas de las habitaciones y simplificar la puesta en práctica de las preferencias particulares de los clientes.



### 6.1.2 Seguridad vigilancia del edificio y protección personal

La combinación de componentes de tecnología de seguridad (Ej. detectores de humo, contacto de ventanas, sensores de apertura y aparatos de Seguridad) proporcionan una óptima supervisión del edificio y alarma contra entradas no autorizadas. Además, los puestos de llamadas de emergencia permiten un aviso inmediato en caso de necesitar ayuda. También se pueden integrar alarmas de detección técnica (agua, humo y gas).

Además, toda la tecnología de seguridad se puede integrar en el sistema de control. De esta forma se puede realizar una ampliación de funciones que atiendan al confort de la edificación y a la seguridad y protección de las personas que se encuentran de manera itinerante.

Se utiliza en las aplicaciones siguientes:

- Protección personal y del edificio
- Supervisión de puertas y ventanas
- Alarmas de incendio y humo
- Señalización de peligro y entrada no autorizada
- Alarmas técnicas
- Señales de emergencia
- Simulación de presencia □ Iluminación por pánico

### 6.1.3 Visualización, pantalla y señalización

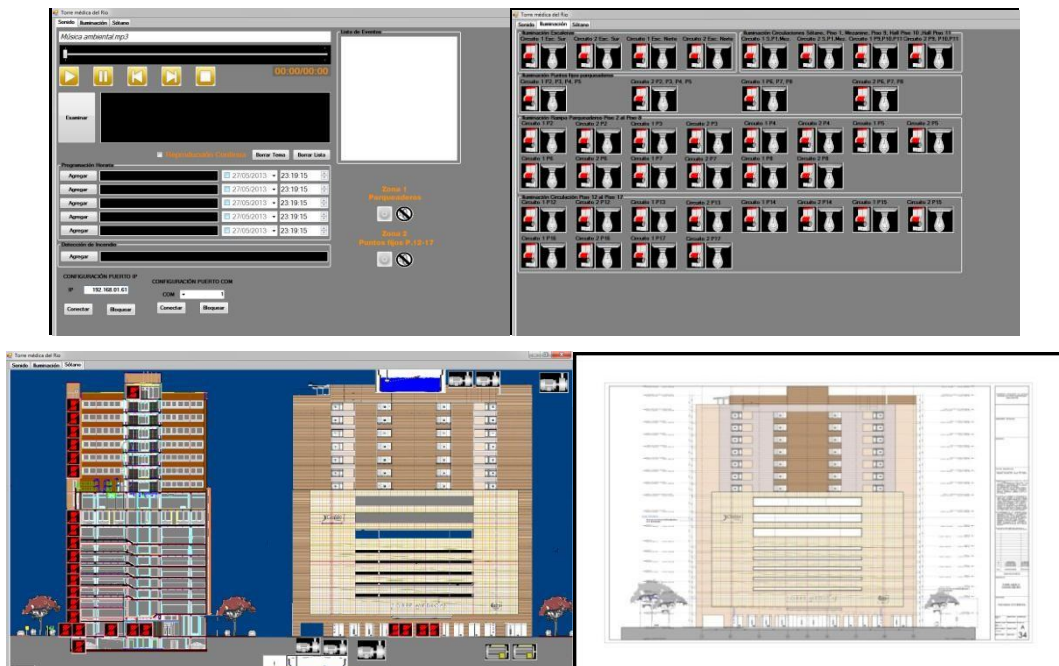
Un requisito previo para un funcionamiento confortable y seguro es la clara representación de los procesos de control del edificio.

Se visualizan los estados con controles, señalizaciones y aparatos de accionamiento versátiles. El usuario introduce los valores mediante botones, pantallas táctiles su computador. Se utiliza en las aplicaciones siguientes:

- Presentación
- Visualización
- Utilización
- Señalización
- Informes

Además, en el monitor se pueden reproducir imágenes y sonido o grabaciones, Ej. Cámara de portero automático.

Figura 7. Diagrama de automatización del edificio

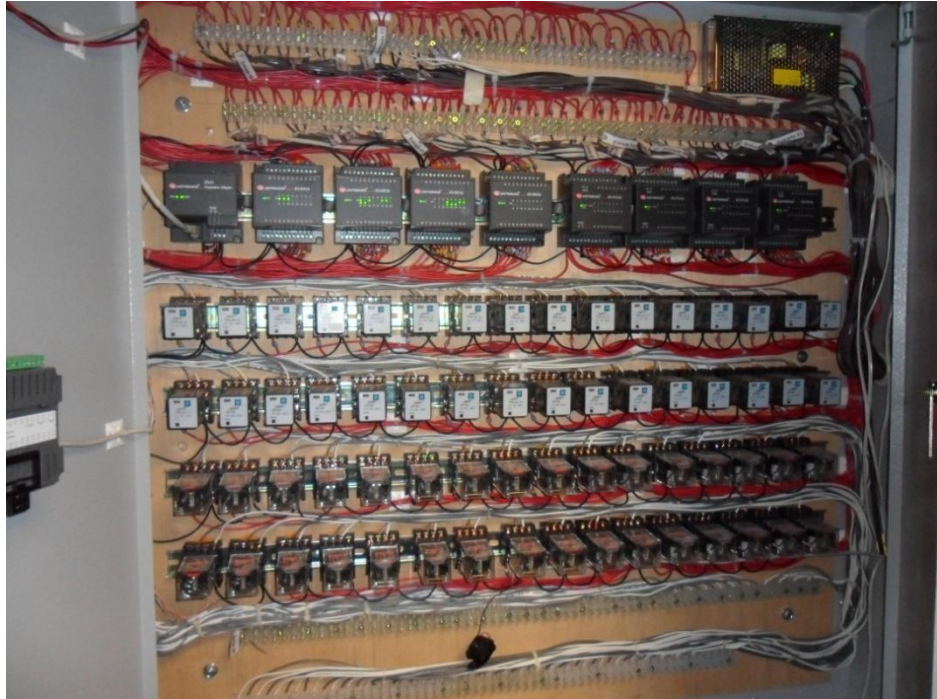


Fuente: Imágenes diseñadas por el autor

Figura 8. Plano eléctrico de las zonas a controlar



Figura 9. Imagen real del PLC y sus módulos de expansión

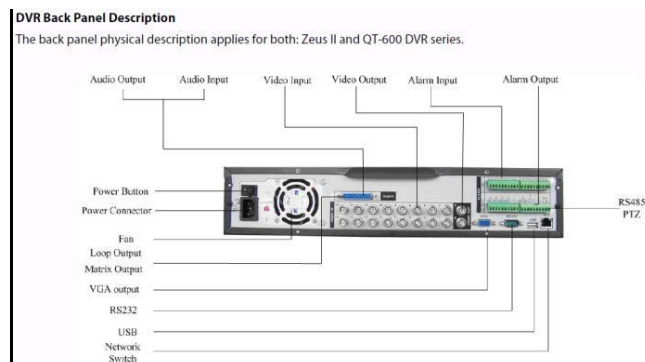


Fuente: Fotografía tomada por el autor

## 6.2 Diseño de la aplicación

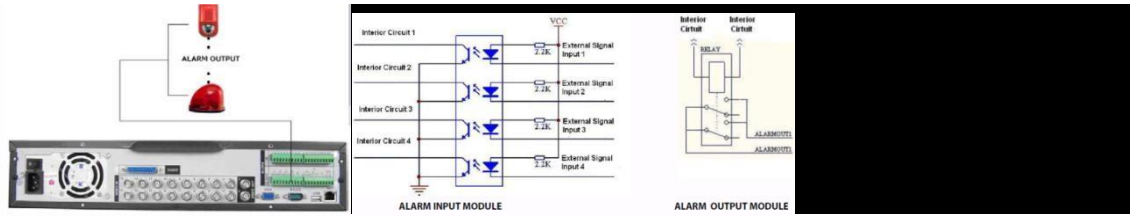
A continuación se muestra en las figuras el diseño de software y de hardware de la automatización del edificio.

Figura 10. Funciones de los monitores DVR



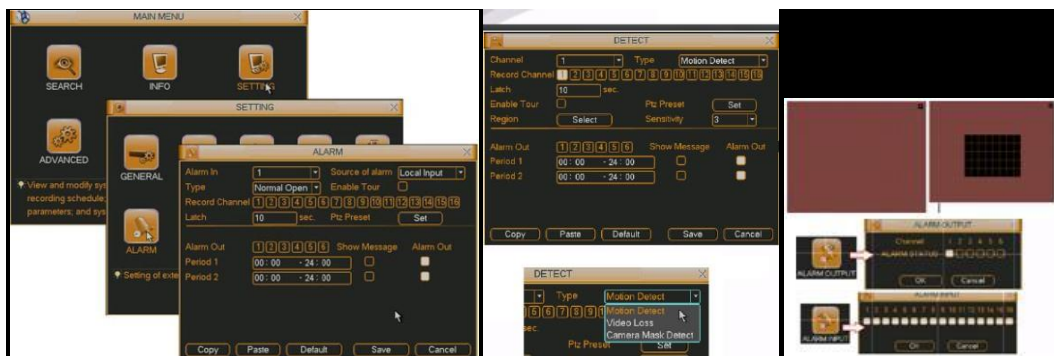
Fuente: Imágenes diseñadas por el autor

Figura 11. Entradas de alarmas y esquema



Fuente: Imágenes diseñadas por el autor

Figura 12. Salidas de alarmas y esquemas de conexión.



Fuente: Imágenes diseñadas por el autor

Figura 13. Conexiones al DVR

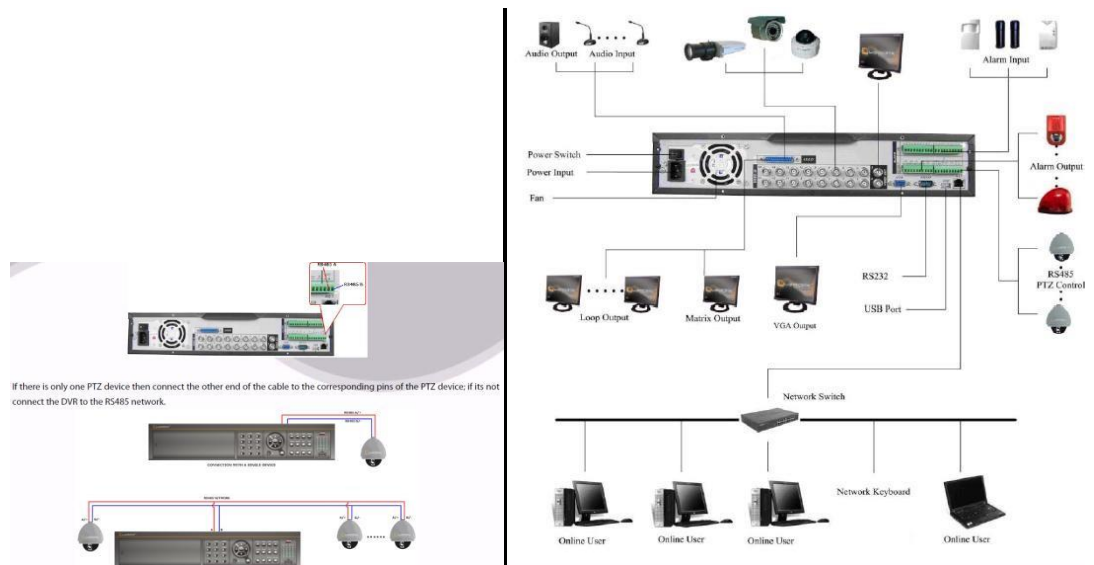


Figura 14. Diagrama de conexión de el panel de incendios Silent Knighth 5820 XL



Fuente: Imágenes diseñadas por el autor

Tabla 1. Requerimientos de la automatización

REQUISITOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN			
Descripción	# Entradas	# Salidas	Requisitos
Bombas	7		
Plantas de Emergencia	2		
Nivel de agua en tanques de reserva	2		
Iluminación ON-OFF (Circuitos)	40	40	
Puertas de Emergencia	18		
Puertas vehiculares principales	6		
puertas peatonales principales	4		
Sonido			
Detección de Incendio			
Control de Acceso			
Iluminación			
Parqueaderos	16 Circuitos		2 Circuitos/piso, 0 Cir en el día, 16 Cir en la noche
Circulación 12-17	14 Circuitos		2 Circuitos/piso, 1 Cir en el día, 1 Cir en la noche
Sótano-Piso 8 (Punto fijo ascensor)	Piso 2-5		2 Circuitos
	Piso 6-8		2 Circuitos
	Sótano P1 y mez.		2 Circuitos
	Piso 9,Piso 10 y 11		2 Circuitos
Escaleras sur			2 Circuitos
Escaleras norte			2 Circuitos

	TOTAL		40 Circuitos
--	-------	--	--------------

Tabla 2. Cámaras de parqueaderos

ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	REFERENCIA	UNIDAD
1	Cámara tipo caja, 1/3" Super HAD IT CCD resolución de 600 TVL, D/N electrónico, HCL, 24 VAC/12 VDC	SAMSUNG	SCB-2000	UND
2	Lente 1/3" varifocal, Auto iris 2.8~10mm F1.4 CS-mount	SAMSUNG	SLA-2810D	UND
3	Fuente 24 VAC 40 VA	GENERICA	RT2440	UND
2	Tranceptor de video pasivo BNC a UTP	NVT	NTV213 M	UND
3	Multi-tranceptor Pasivo de 16 entradas, Delgado	NVT	NV-1613S	UND
4	Patch Cord Minicoaxial	GENERICA	M.O	UND
5	Housing para exteriores en aluminio color beige	QUADDRIX	QT-20	UND
6	Soporte de aluminio para housing 6050	QUADDRIX	QT-108H	UND
7	Mano de obra instalacion camaras fijas	N/A	M.O	UND
8	DVR, 16CH, 1TB, H.264, 120fps@4CIF, 240fps@2CIF, 480fps@CIF, DVD, Smart Viewer 3.0	SAMSUNG	SRD-1652D-1TB	UN
9	Monitor Industrial LCD 32". Resolución 1366 x 768. Entradas compuesto, VGA, DVI. Video Wall. MDC. Ven	SAMSUNG E.	320BX	UND
10	Soporte de pared para monitor	N/A	GENERICO	UND
11	Mano de obra instalacion DVR	N/A	M.O	UND
12	Mano de obra instalacion Monitor	N/A	M.O	UND

Tabla 3. Cámaras de pasillos



ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	REFERENCIA	UNIDAD
1	Analog IR Dome, 1/4" Super HAD CCD, 600TV Lines, True Day Night, 2.8 - 10mm Var-focal Lens, 12 VDC	SAMSUNG	SCD-2080R	UND
2	Transceptor de Video Pasivo, BNC Macho (Reemplaza al NV-211T-M)	NVT	NV-214A-M	UND
3	Multi-transceptor pasivo de 16 entradas, delgado	NVT	NV-1613S	UND
4	Fuente 12VDC 1,25A	QUADDRIX	QT-12VDC-1,25A	UND
5	DVR, 16CH, 1TB, H.264, 120fps@4CF, 240fps@2CF, 480fps@CIF, DVD, Smart Viewer 3.0	SAMSUNG	SRD-1652D-1TB	UND
7	4 Port USB KVM Switch + KVM Cable VGA & USB	DLINK	DKVM4U-DKVM-CU3	UND
8	Mano de obra instalación de cámaras	N/A	M.O	UND
9	Mano de obra instalación de DVR	N/A	M.O	UND
10	Mano de obra instalación Monitor	N/A	M.O	UND
11	Mano de obra instalacion KVM	N/A	M.O	UND

Tabla 4. Servidor y equipos de control

ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	REFERENCIA	UNIDAD
1	Servidor de video Dell PowerEdge R420, DVD+/-RW, SATA, INTERNAL, 4GB RDIMM, 1333 MHz, Low Volt, Single Rank, x4, Intel Xeon E5-2420 1.90GHz, 15M Cache, 7.2GT/s QPI, Turbo, 6C, 95W (319-0020), Windows Server 2008 R2 SP1, Standard Edition,x64, Media Kit,Spanish (421-5457), 2TB 7.2K RPM SATA 3.5in Hot-plug Hard Drive (342-1865) - Quantity 4 @ \$278.50	DELL	R420	UND
2	Monitor Industrial LCD 32". Resolución 1366 x 768. Entradas compuesto,VGA, DVI. Video Wall. MDC	SAMSUNG	320BX	UND
3	Mano de obra instalacion de monitor	N/A	M.O	UND
4	Soporte de pared para monitor	GENERICO	M.O	UND
5	Mano de obra instalación de servidor	N/A	M.O	UND
6	Mano de obra de configuracion de servidor	N/A	M.O	GL

### 6.3 Implementación del sistema de control

Control de iluminación del edificio, en la entrega del edificio por parte de la constructora a la administración que se encargaría de su funcionamiento y mantenimiento. Se reciben los sistemas de seguridad y control del mismo, estos son el circuito cerrado de televisión, el control de incendios y un control lógico programable, los cuales no tenían integración entre sí, pero reconocí su potencial y me empeñé en estudiar los manuales para conocerlos bien.

Este PLC Marca Unitronics Modelo Vision 130 utilizado para visualizar en el computador los eventos como salidas de emergencia en estado (abierta o cerrada), bombas del sistema hidráulico (encendidas o apagadas) y barreras de acceso (arriba o abajo).

Este sistema es básico y en la práctica su funcionalidad no es tan útil, ni necesario para la labor de los operadores, en parte por desconocimiento y además porque les da información que consideran irrelevante, se enfocan en el uso de el sistema de CCTV, por lo que se subutiliza el PLC hasta el punto de dejarse de usar y quedarse en el olvido.

Desde el principio en esta entrega en el año de 2010, en ese momento me he desempeñado como jefe de mantenimiento de este edificio que alberga una clínica, un banco, 14 locales comerciales y 168 consultorios médicos, en los primeros años nos enfocamos en el montaje y puesta en marcha del edificio como tal, y al ser orientado al servicio médico se deben de cumplir ciertas normas, no solo la que le rige como propiedad horizontal ley 675 de 2001, sino las normas de la seccional de salud y secretaria de salud del municipio de Medellín que son algo estrictas en cuanto a la infraestructura.

Igualmente se deben de implementar señalizaciones, rutas de evacuación, brigadas y comités de emergencia. A la par yo específicamente diseñaba el programa de mantenimiento, durante el primer año se cuenta con la garantía de todos los proveedores de los equipos, luego de este tiempo me hago cargo de su mantenimiento. Desde un comienzo sabía de el potencial que tenían estos equipos y la poca utilidad que se le estaba dando.

En el comienzo se administro la copropiedad por parte de una empresa outsourcing, que tenía una visión más limitada de la operación del mismo y no proyectaba inversiones como las que yo venía diseñando desde días atrás, hacia el 2012 se hacen algunos cambios en la administración que pasa a ser contratada directamente por la copropiedad, con lo que pude retomar los planes que había presentado antes.

Primero cotice el cambio de toda la iluminación por sistema LED, lo que significaba un gran ahorro energético y económico, pero no se recuperaba la inversión sino después de tres años por lo que no resultaba viable, debido a esto decido esperar a que se consigan bombillos más económicos haciendo viable la inversión, como se comento en el planteamiento del problema; luego cotice la instalación de sensores de presencia para todas las zonas del edificio, incluso instale algunos para mostrar que era algo práctico, pero una vez más la inversión no se recupera en un lapso de tiempo que sea razonable.

Se analizaron otras ideas que tenía y las iba comentando para ver si tenían aceptación, como por ejemplo: usar celdas fotovoltaicas en la cubierta del edificio y me seguía tropezando con el mismo inconveniente del presupuesto.

En cierto momento se centra la atención en la seguridad por lo que propongo instalar sistemas de seguridad en cada uno de los consultorios con sensores de apertura, presencia y botón de pánico, con una central de alarmas dentro del edificio el cual ya cuenta con un cuarto de monitoreo de CCTV.

Esto parece ser viable y me enfoco en este tema, pero el concejo de administración se inclina por ampliar todo el sistema de circuito cerrado de televisión, debido a ciertos incidentes en los que se apreciaba la necesidad de un respaldo como el de una cámara.

Se programaron varias cámaras con la opción del sensor de movimiento, es decir que cuando hay algún cambio en la imagen o sea que los pixeles que la conforman cambian, esto se considera un movimiento y mientras más pequeña

sea el área en la cual percibe estos cambios más sensible será, al punto de activarse el sensor con un ave o con una hoja que arrastra el viento.

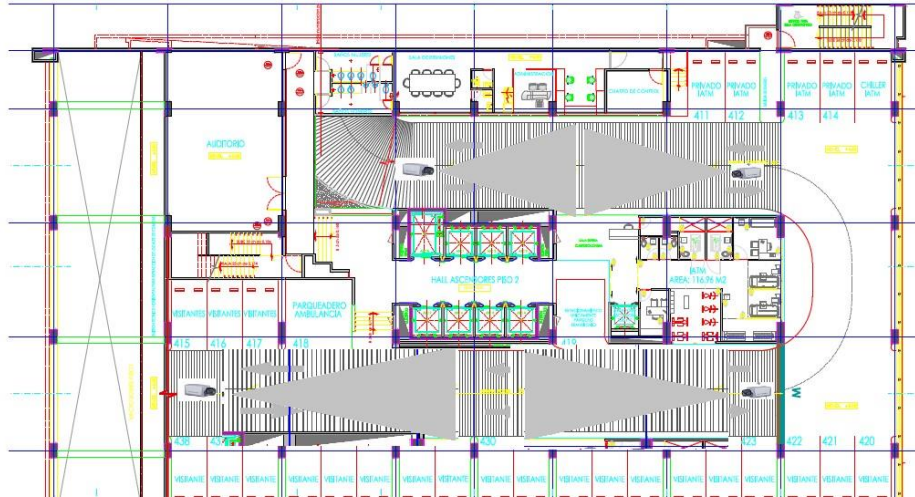
Esto lo utilizo en el ingreso y salida del parqueadero para indicar que se debe de abrir para el paso de los vehículos y en las puertas de acceso controladas por los operadores del cuarto de control para que les sea más rápido la acción de reconocimiento de las personas.

Esto lo que permite es facilitarles la visualización, hace que no tengan que estar tan concentrados en varias cosas en un mismo instante pues es complicado centrar la atención, con esto los libero de prestar cuidado en puntos que no son tan necesarios y de tener que realizar la acción manual de seleccionar primero la pantalla, luego la cámara, con el mouse dar la orden de abrirla y luego tomar una decisión como por ejemplo abrir una puerta, siguiendo estos pasos tardarían varios segundos, con esto solo les queda la opción de decidir si abrir la puerta. Lo anterior aplica con las cámaras PTZ por ejemplo si se abre una puerta no autorizada (salida de emergencia) la cámara suspende la secuencia de paneo y enfoca a la persona que se encuentra en la puerta en este momento, y solo debe verificar si es un usuario no autorizado o un propietario del edificio que utilizo esta salida.

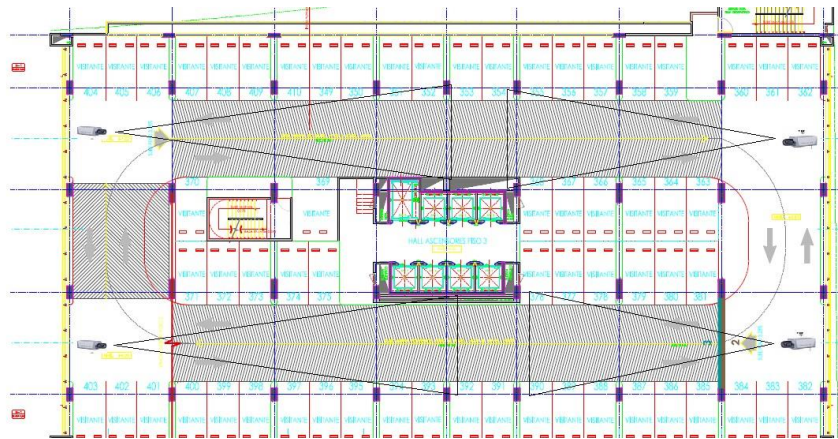
Ahorrando así el engorroso procedimiento de llevar la cámara manualmente al sitio, pudiéndose perder la posibilidad pues la persona ya no estaría en el lugar y tendría que buscarla con otra cámara o buscar una grabación en el DVR pues siempre se debe de sospechar y descartar cualquier anomalía porque se puede tratar de algo relevante.

Todas estas aplicaciones surgen de la necesidad y la cotidianidad, también como sugerencias de los operadores que conocen sus limitaciones, con lo que yo puedo darles más herramientas con lo que ya contamos y son prácticas para estas situaciones.

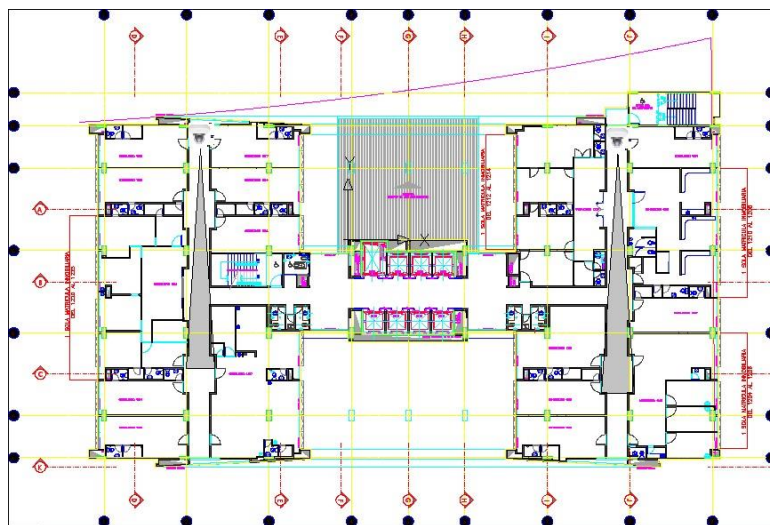
Figura 15. Ubicación de cámaras en el MEZANINE



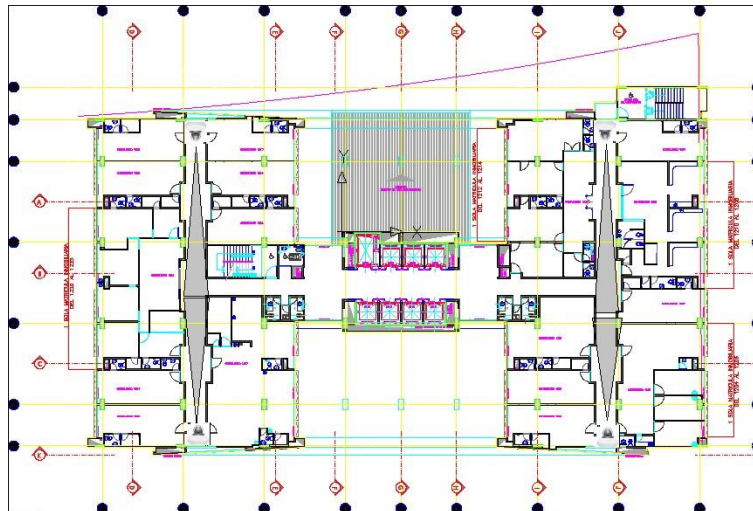
Piso 2 al 8



Piso 12 y 16



Piso 13, 14, 15, 17



Al estar en la presentación del proyecto lo hice como mi proyecto de grado, las personas del consejo de administración no conocían de la existencia del PLC por lo que su buena utilización fue muy bien recibida así como la posibilidad de un ahorro energético, no obstante este es mi trabajo mantener en excelentes condiciones de operación la copropiedad y mejorar continuamente utilizando eficientemente los recursos, en lo posible reducir el consumo energético y por ende los gastos.

Estuve metido de lleno en su diseño, planeación, presentación del proyecto, elección de los equipos y ya en la práctica en su instalación y puesta en marcha. Estuve en detalles tales como la reubicación de todo el cuarto de control, pues se giro 90 grados para aprovechar el espacio de una pared más amplia para contener nueve pantallas LCD, siete de 32" y tres de 19", esto implica mover todo el cableado de las cámaras existentes e incluso el PLC con un cableado adicional y luego instalar la estructura que soportaría estas pantallas.

También se presentaron varios problemas, entre los más relevantes encontrar el cableado para el video de las cámaras, pues solo se conseguía cables UTP multipares de 25 pares, lo que hacía que se necesitaran tres veces más cable del indicado, ya que se instalarían 55 cámaras y se debía utilizar más eficientemente el cableado para no incrementar los costos.

Para dar solución a esto me valí del conocimiento que tengo del edificio, ya que sabía que cada uno de los pisos está cableado con un cable UTP multipar de 70 pares para la telefonía y en el piso 9 que tiene tres locales solo se estaban utilizando 15 pares, sugerí retirar y utilizar este cable en el nuevo sistema de CCTV y reponerlo con uno de los de 25 pares para la telefonía del piso 9. Tras hacer el estudio del cable se concluyó que es apto para un sistema de CCTV y se procedió al cambio evitando retrasos.

Entre otros varios problemas que se fueron solucionando satisfactoriamente, a la par estuve instalando mi cableado entre el cuarto de control y el cuarto eléctrico de distribución de la iluminación del edificio.

Donde instale una caja de control con contactores industriales los cuales van a ser los que energicen los diferentes circuitos de iluminación, el diseño y la instalación de este cableado y el cableado propio de el tablero de control, además de atender las obligaciones normales del cargo, me dilato el desarrollo del proyecto por lo que no pude entregarlo en el semestre para el cual lo tenía pensado. Pero a la postre esto fue benéfico pues me dio más tiempo para mejorarlo ya que este año me han surgido nuevas ideas.

Estudiando la necesidad del control de la iluminación, desarrollo las condiciones bajo las cuales debe de funcionar basado en mi conocimiento del edificio.

No debe ser muy notoria la percepción de la oscuridad para no generar desconfianza en los usuarios, es decir que el tiempo de respuesta del sistema no sea muy alto para que el usuario no pase un tiempo prolongado sin que se enciendan las luces.

En la comunicación entre el computador y el PLC se nota un retardo en la comunicación de aproximadamente 2 segundos, desde que se le da click a la orden de encender un circuito de iluminación, hasta que se ejecuta, pero en las pruebas que hice con las entradas del PLC directamente la respuesta es inmediata por lo que desde un comienzo confié en cumplir esta condición.

El horario de la iluminación se hará aprovechando los dos circuitos de iluminación con los que cuenta cada piso, de esta manera si se enciende un solo circuito se ilumina a media luz o por decirlo de otra manera intercaladas cada dos lámparas, al encender los dos circuitos se tiene la totalidad de la iluminación mejorando la visibilidad.

El horario para encender las luces al 100% será de 08:00 a 19:00 de lunes a viernes y de 08:00 a 14:00 los sábados que son las horas de mayor uso, el resto del tiempo solo responderá un solo circuito (50%).

Aprovechando los dos circuitos se tendrán dos temporizadores diferentes por cada circuito en el piso a controlar, con lo que en el momento en el que se apaga el primero el segundo continua encendido por unos minutos más, si no hay un nuevo movimiento se apagara completamente, de lo contrario se reinicia el ciclo y se encienden que en este momento estarían a un 50% pasando nuevamente a un 100% por un periodo igual al valor del temporizador.

El tiempo de encendido de las lámparas debe de obedecer al recomendado para conservar la vida útil de las mismas, consultando proveedores, recomiendan un mínimo de ocho minutos de encendido antes de apagar, por lo que decido usar diez minutos en el primer temporizador y quince en el segundo, cumpliendo la condición anterior.

Solo encender la mitad de las luces en caso de que la planta de emergencia este encendida para bajar la carga, igualmente se activa el bombeo desde el sótano solo si el nivel de los tanques superiores están por debajo del 50%, sino se espera hasta que pase la perdida de fluido eléctrico.

### 6.3.1 Recomendaciones para ampliar el alcance de la automatización

En este momento veo la posibilidad de utilizar el PLC también dentro del mismo programa que estaba pensando para la iluminación, sino de controlar los sistemas hidráulicos del edificio, entendiendo estos como los tanques de agua



potable y las motobombas y válvulas que lo componen. Esto era un desarrollo que igualmente tenía proyectado hacer posterior al trabajo de grado original, por lo que pretendo incluirlo y adelantar su diseño e implementación hasta donde sea posible en el tiempo y presupuesto para este proyecto.

Estos nuevos cambios serán:

- Calcular el nivel de agua de reserva en los tanques y consumo de agua.
- Implementar sensores de flujo para verificar el funcionamiento de las bombas y la red.
- Implementar llenado de los tanques de la cubierta solo con la presión de la red de suministro de agua potable, durante la noche para economizar energía aprovechando el bajo consumo en este horario en el sector.
- Bombear solo hasta las 14:00 horas y en la noche a las 20:00 cerrar la válvula de llenado del tanque del sótano y abrir el bypass del sótano, hasta las 06:00 y en este horario regresar al estado normal del sistema.
- En el día bombear completamente el tanque del sótano hasta antes de alcanzar el nivel mínimo, antes de reponer el agua con el suministro de agua potable para hacer circular toda la masa de agua.
- Conectar una manguera y electroválvula al sistema de bombeo del sótano para purgar el aire al comenzar a bombear luego del lavado y de este modo no desperdiciar agua este proceso de purga, complementar con un sensor de flujo en paralelo con la tubería principal.
- Hacer dos Subrutinas para operación normal y otra para lavado de tanques.

### 6.3.2 Descripción de la subrutina de funcionamiento normal

Bombeo sótano: Se pide agua desde la cubierta para cualquiera de los dos tanques y el sensor del tanque debe estar activado (tanque lleno).

Cada que se pide agua se enciende una bomba diferente, para rotarlas y evitar el desgaste de una sola de estas. Se activa una bomba y se incrementa el

contador para activar la siguiente bomba. Cuando llega a la tercera regresa a la primera de manera cíclica.

Si es necesario encender varias bombas para atender la demanda se pueden encender las tres, pero deben de apagarse en secuencia para evitar un golpe de ariete.

Electroválvula de llenado del tanque del sótano: Para activarla se debe de tener abierta la válvula de la red principal, con presión de la red y cerrado el bypass del sótano, durante la secuencia de operación normal del edificio. (En la secuencia de lavado de los tanques estas variables cambian).

Electroválvula de red principal: Se activa si hay presión de la red principal. Si no hay presión de la red, se cierra la válvula principal y se activa el bypass del sótano, se desactiva el llenado del tanque del sótano, finalmente se activa una alarma para avisar que se ha perdido la presión y se comienza a trabajar con la reserva de los tanques de la cubierta.

Electroválvula bypass sótano: Se debe de abrir si la válvula principal está cerrada y no hay presión. Y se cierra la electroválvula de llenado del tanque de sótano.

Electroválvula bypass cubierta: Solo se activa en caso de la subrutina de lavado de tanques.

Electroválvula llenado de tanque 1: Normalmente abierta, se cierra para permitir que se consuma el agua de este tanque sin reponerla en el proceso de lavado.

Electroválvula llenado de tanque 2: Se cumplen las mismas condiciones de la válvula anterior. Pero no pueden estar ambas cerradas al mismo tiempo cuando se está bombeando desde el sótano.

Electroválvula de salida tanque 1: Normalmente abierta, se activa durante el proceso de lavado para independizar los tanques 1 y 2 de la cubierta.

No deben estar ambos cerrados. Se evacua el tanque 2 mientras se mantiene cerrada la válvula del tanque 1.

Electroválvula de salida tanque 2: Normalmente abierta, se activa durante el proceso de lavado para independizar los tanques 1 y 2 de la cubierta.

No deben estar ambos cerrados. Se evacua el tanque 1 mientras se mantiene cerrada la válvula del tanque 2.

Cada tres meses se debe de realizar el lavado y desinfección de los tanques de almacenamiento de agua potable, por norma se exige cada seis, pero al ser un sector médico, decidí realizarlos cada tres para garantizar un buen estado del agua suministrada a los usuarios y pacientes.

(CALL) Secuencia de lavado: Iniciar el día miércoles en la tarde 17:00 se cancela la operación normal, cerrando el llenado del tanque del sótano, cerrando la entrada principal de agua y abriendo el bypass del sótano. Este es el tiempo que he calculado es necesario para vaciar los tanques mediante el uso normal con la demanda de agua. Si la demanda aumenta y se hace necesario una cantidad adicional de agua se puede llenar el tanque del sótano hasta un nivel mínimo para reponer el agua necesaria.

PASO 1: Se bombea totalmente el tanque del sótano para dejar los tanques de la cubierta al 100% o lo más cerca posible a este valor con la cantidad de agua que se tiene, pero nunca por debajo de un 75%. Se cierra la entrada del tanque 2 de la cubierta, dejándolo consumir y se cierran las dos salidas del tanque 1 para conservar el agua de este tanque.

PASO 2: Cuando se lava el tanque del sótano se cierra la válvula de salida 1 (presión) del tanque 2 y se abre la válvula de llenado del tanque del sótano para terminar de evacuar el agua del tanque 2, hasta que alcance el nivel 0%. En este punto se cierra la válvula de salida 2 (gravedad) del tanque 2. Después se abre la válvula de bypass de la cubierta un 20% y se cierra el bypass del sótano, se abre la entrada principal y se comienza a llenar el tanque del sótano hasta un 50%, para tener una base para bombear sin llegar a comprometer el consumo del edificio, al alcanzar este nivel cerramos nuevamente la válvula de entrada principal y abrimos el bypass del sótano.

PASO 3: Cuando se termina de lavar el tanque 2, se deshabilita el bombeo de la cubierta y se abre la válvula del bypass de la cubierta al 100% hasta evacuar el agua del tanque 1 al 0%. Entre tanto se cierra la entrada del tanque 1 de la cubierta y se abre la entrada del tanque 2, esto ocasiona que se baje la presión del agua en los pisos más altos desde el 17 hasta el 13, se comienza a bombear desde el sótano en el tanque 2, haciendo el proceso de purga de la bomba recirculando agua dentro del mismo tanque hasta que el sensor de flujo nos de la indicación de que se ha evacuado el aire del sistema, buscando alcanzar un nivel por encima del 20% que permita poner a operar este tanque.

PASO 4: En el momento en el que esta vacío el tanque 1 se cierran ambas salidas de este tanque. Se cierra el bypass de la cubierta, se abren las salidas del tanque 2 y luego de 5 minutos para dejar que circule agua por las tuberías de las bombas se habilita el bombeo desde el tanque 2.

PASO 5: Al terminar con el lavado del tanque 1 se abre la válvula de llenado del tanque 1 y se llena un 20% en este punto abrimos las válvulas de salida, así evitamos que entre aire en el sistema de bombeo de la cubierta. Con todas las salidas de los tanques estos tienden a quedar nivelados, luego cerramos el bypass del sótano y abrimos la válvula de entrada principal, este cambio siempre se debe de hacer con un retardo para evitar golpes de ariete dentro del sistema que pueda deteriorar los componentes. Con esto regresamos a la operación normal del sistema.

Para habilitar este proceso se hace mediante el teclado propio del PLC, introduciendo un código y una orden en una entrada para confirmarlo puede ser un pulsador, guardando un bit de memoria que me va a habilitar este proceso cambiando de sub rutina. Y se van siguiendo los pasos en la pantalla con un mensaje, lo que debe hacer el operador es confirmar que se ha cumplido cada uno de los pasos antes de continuar con el siguiente, hasta completarlos todos al terminar se deshabilita este bit de memoria para que siga con la subrutina de operación normal.

Como se describió no es algo difícil de hacer, pero si se necesita un buen conocimiento para poder tomar las decisiones controlar el flujo del agua y permitir que se laven los tanque sin desperdiciar agua y sin afectar el funcionamiento del edificio.

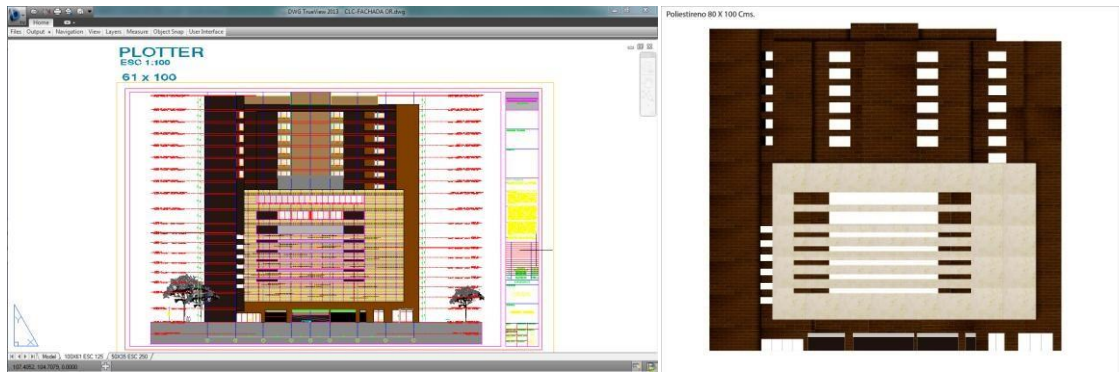
Esto en lo referente al sistema hidráulico, pero retomando el control de iluminación, también he decidido mejorar el sistema de visualización de los eventos.

Como lo describí al principio en este momento se hace desde el computador en el programa que se diseño para esto, pero ya sabemos que no es muy utilizado y por otra parte en el computador manejan otros programas y si quisieran confirmar algo deben dirigirse a la pantalla y si por casualidad el programa está cerrado deberán hacer el proceso de iniciarlo y conectarse al PLC para recibir la información.

Pese a que además ya le he modificado varias cosas pues de este programa tengo la versión beta y la edite, reduciendo la visualización original que presentaba un pantallazo por cada uno de los pisos, lo reduje a dos pantallazos en los que se presentaba en uno todas las entradas de las puertas, tanques y bombas, en la otra se presenta el control para encender y apagar las luces. Con todo esto no se ha logrado que los operadores se familiaricen con esto.

Por lo que decido implementar un panel con la imagen del edificio con tamaño de 80 x 100 cm, donde distribuiré las entradas en la ubicación en la que estarían físicamente dentro de la edificación, lo que permitirá que siempre estén visibles y fáciles de entender, mostrando en tiempo real todo lo que pasa con el edificio. Pudiendo ser consultado dirigiendo la mirada hacia este panel.

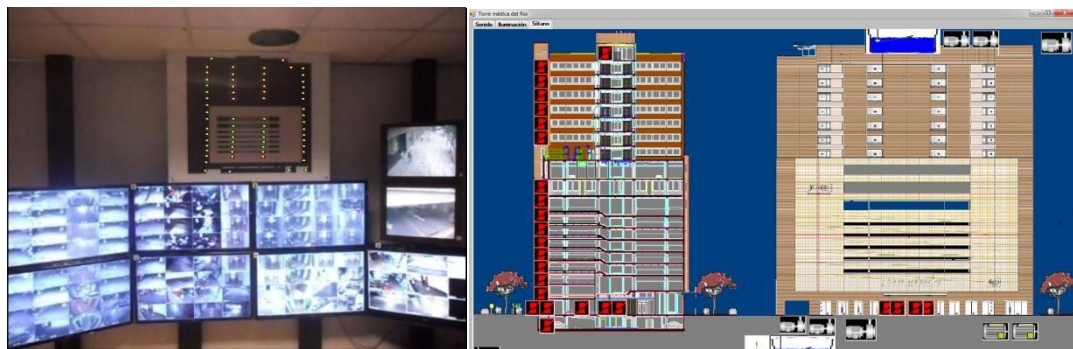
Figura 16. Diseño del panel de visualización



Fuente: Imagen diseñada por el autor.

Utilizo una vista del edificio que coincide con la ubicación física de los operadores, para que rápidamente se puedan direccionar los movimientos y la información.

Figura 17. Sistema visualizador de eventos



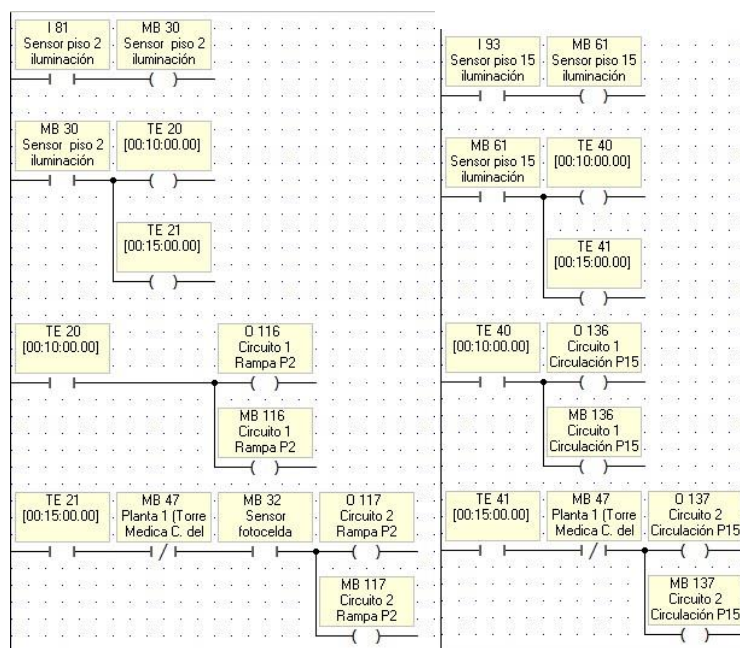
Fuente: Imagen diseñada por el autor.

En el momento de la instalación de el control de iluminación, y luego de todo el proceso de cableado ordenado y todas las conexiones y pruebas paso a paso, para ir descartando los posibles errores que llegase a cometer, y pasarlos todos con satisfacción.

#### 6.4 Realización de pruebas del sistema

Llego el momento de la prueba con las cámaras configuradas en el modo de detección de movimiento. Eventualmente funciono como se venía planeando desde el principio, pero para mí frustración al momento de dar la orden de apagado, el mismo movimiento que se generaba por el paso de tener iluminación a estar oscuro, se tomaba como un nuevo movimiento por parte del programa de DVR y reiniciaba el temporizador, observándose solo un parpadeo en las luces.

Figura 18. Primer programa de PLC con errores



Fuente: Imagen diseñada por el autor.

Esto me desilusiono por un tiempo al pensar que todo este trabajo seria infructuoso, pero comencé a probar con lo que conocía y me podía dar alguna solución primero ensaye delimitando el área de detección de movimiento lo que permite descartar ciertos lugares y no ser tomados en el momento, pero no funciono ya que las paredes, columnas y pisos generan las lecturas de movimiento al oscurecerse, aquí lo que tenía a mi favor desde el principio ahora me estaba entorpeciendo el sistema.

Luego probé añadiendo un temporizador al retardo en el programa del PLC, lo que me permitía descartar los primeros segundos del movimiento generado por el proceso de apagado, por prueba y error llegué hasta un lapso de 10 segundos en los cuales se producía lo que esperaba, y parecía resuelto, pero con esto entra en conflicto con la condición de entregarle un tiempo de respuesta rápido para no generar inconformidades, y es que alguien debería de caminar durante 10 segundos antes de que se enciendan las luces, por lo que es muy alto, una vez más me frustré con el resultado.

Había leído el manual de programación en escalera del PLC, por lo que sabía que existía un temporizador con otras especificaciones a los dos que ya había utilizado en el programa, pero no lo sabía manejar, por lo que me di a la tarea de estudiarlo.

El temporizador es un acumulador que desde que leí el manual no le presté atención, pero ahora le veía la utilidad. Lo que hace este temporizador es contar el tiempo que se da una orden, retardando la activación por el tiempo que está programado, similar al on delay pero con la diferencia que si se interrumpe la señal de la orden antes del tiempo se detiene pero no se reinicia, guardando el tiempo que lleva hasta el momento.

Al recibir la señal nuevamente sigue contando desde el tiempo que se había guardado, necesariamente este temporizador necesita un reset lo que para mi aplicación era muy conveniente solo debía saber dónde ubicarlo en el programa.

Al comienzo lo ubique como está en el ejemplo del libro reseteando al mismo momento de terminar de contar el tiempo, pero al hacer el ejercicio mental de cómo sería la secuencia, note que en el intermedio de el proceso también iba a registrar eventos y al llegar al momento de apagar podía llegar con 5 segundos acumulados, y en el proceso de apagado no alcanzaría los 10 segundos que yo necesito. Dejándome con dos opciones dejarlo así y las luces se apagarían cuando definitivamente no haya movimientos, sobre todo en las horas de la noche lo que no es lo que quiero, o seguir buscando otra solución.



Sabía que me daría mejor resultado ubicándolo en el final de la línea de la secuencia del programa al dar la orden de apagar las luces, pero si lo hago con una condición de normalmente cerrado siempre va a estar activado el reset y este prioriza sobre la orden de inicio del temporizador lo que no permite que este arranque.

Tenía conocimiento de que se puede activar con un flanco de subida lo que envía una orden una sola vez cuando se produce este evento, y pensé en una forma de usarlo pero me llevaba varias líneas de programación. Afortunadamente leyendo descubrí que este programa de PLC cuenta con las dos opciones tanto flanco de subida como flanco de bajada, no lo había visto pues en la barra de herramientas solo aparece el flanco de subida activo y fue con el primero que trabaje, la opción de flanco de bajada se encuentra en el menú desplegable.

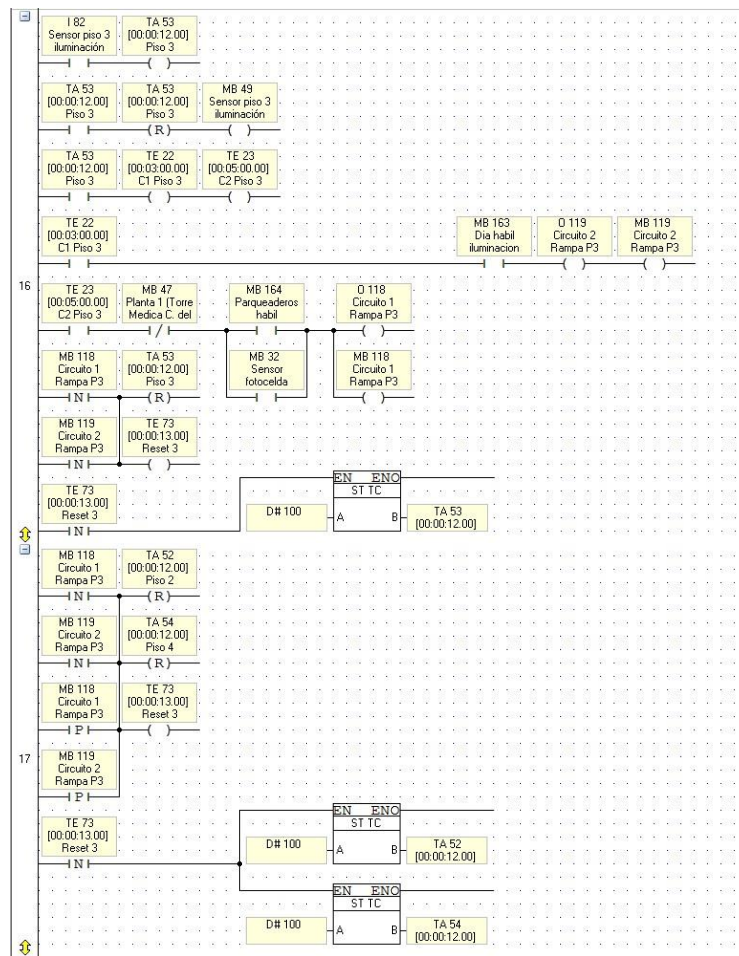
Pude utilizar bien esta opción lo que me permite activar el temporizador solo en el mismo momento del apagado descartando todo lo que pasa en el tiempo que esta encendido, y así tengo el tiempo que se tarda en apagar acumulado y cuando se presenta un nuevo evento solo se necesitan milisegundos para que reaccione el sistema ante el evento.

Posteriormente hice pruebas para tratar de reducir lo más posible este tiempo y garantizar la estabilidad del sistema.

Puntualmente en los parqueaderos se presenta una particularidad, pues se trata de unas rampas en forma de espiral, y aunque se tienen circuitos independientes para cada piso, en donde se encuentran dos pisos se presentan interferencias al prender o apagar las luces, que generan eventos en los pisos de arriba y de abajo. Por ejemplo si se encienden las luces del piso 3, se registra esto en la primera cámara del piso 2 y la ultima del piso 4, ocasionando que se enciendan en cadena lo que no es práctico para el fin de controlar y disminuir el consumo de energía.

Para solucionar esto, implemento la función en un bloque nuevo que me deshabilita los sensores de los pisos de influencia de estos eventos, por el mismo tiempo de duración, y luego se le graba el tiempo de un segundo para dejarlos listos para un nuevo evento.

Figura 19. Bloque de programa de PLC con modificaciones



Fuente: Imagen diseñada por el autor.

#### 6.4.1 Funcionamiento de la iluminación de cada piso.

La entrada de la señal del piso que viene del DVR activa un temporizador acumulador, cuando se activa la salida del temporizador después de el tiempo

definido se reinicia este temporizador y se activa un bit de memoria para este piso, este temporizador activa un par de temporizadores pulso extendido de 3 y 5 minutos, que a su vez activan las salidas de cada uno de los dos circuitos de cada piso, junto con un bit de memoria para cada uno respectivamente.

Desde que hayan mas movimientos se estará reiniciando el ciclo y las luces no se apagan, para no ocasionar que se apaguen las luces y con un movimiento nuevo re reinicien inmediatamente, como me ocurrió al inicio que tenia el reinicio del primer temporizador al final del bloque de programación, por lo que puse un reinicio al momento de activar el bit del temporizador lo que lo deja habilitado para leer movimientos mientras se encuentran encendidas las luces, de esta manera también se evita el desgaste de los componentes.

Al apagarse las luces del circuito 1 se reinicia el primer temporizador y se activa un temporizador pulso extendido para cerciorarse que se reinicia el primer temporizador.

Si se presenta algún movimiento se encenderán nuevamente las luces de ambos circuitos. De lo contrario si pasan otros dos minutos sin eventos, se apagara el circuito 2, igualmente se reinicia el primer temporizador para permitir que se dé el proceso de apagado de las luces sin generar este mismo un nuevo evento, que no dejaría apagar las luces, se deja pasar unos segundos para que sucedan estos movimientos, y activo un nuevo temporizador de pulso extendido el cual lo uso para dejar pasar un tiempo mas largo que el del primer temporizador con lo cual, puedo guardarle un valor predefinido al primer temporizador.

#### 6.4.2 Control del mouse

En el momento de la puesta en marcha del sistema del circuito cerrado de televisión, surge una nueva necesidad con respecto al manejo de todos estos equipos por un solo operador, ya que cada uno requiere de un mouse.

Los equipos nuevos tienen la posibilidad de integrarlos entre sí, algo así como un grupo y compartir información entre todos, pero no se puede hacer lo mismo con los equipos que ya teníamos, pensé en un multiplexor pero era algo costoso y no teníamos presupuesto para esto.

Vi la oportunidad de desarrollar un control para todos estos equipos e incluirlo en el proyecto de grado como una mejora, esto se presentó finalizando el semestre anterior, y ya sabía que no tenía tiempo para terminar todo el trabajo, así que en el tiempo de las vacaciones del tecnológico lo dediqué a desarrollar este control.

Comencé con un mouse inalámbrico y le adapte botones en la parte superior del botón izquierdo, con lo que el operador solo tiene que presionar un número entre el 1 y el 9, el cual corresponde a cada uno de los monitores, para conseguir esto, utilice un Microcontrolador PIC 16f887, un demultiplexor 74154 y un 74147. Con lo que conseguí leer el número correspondiente al botón y con el Microcontrolador mantener la opción elegida hasta que se presentara una nueva entrada.

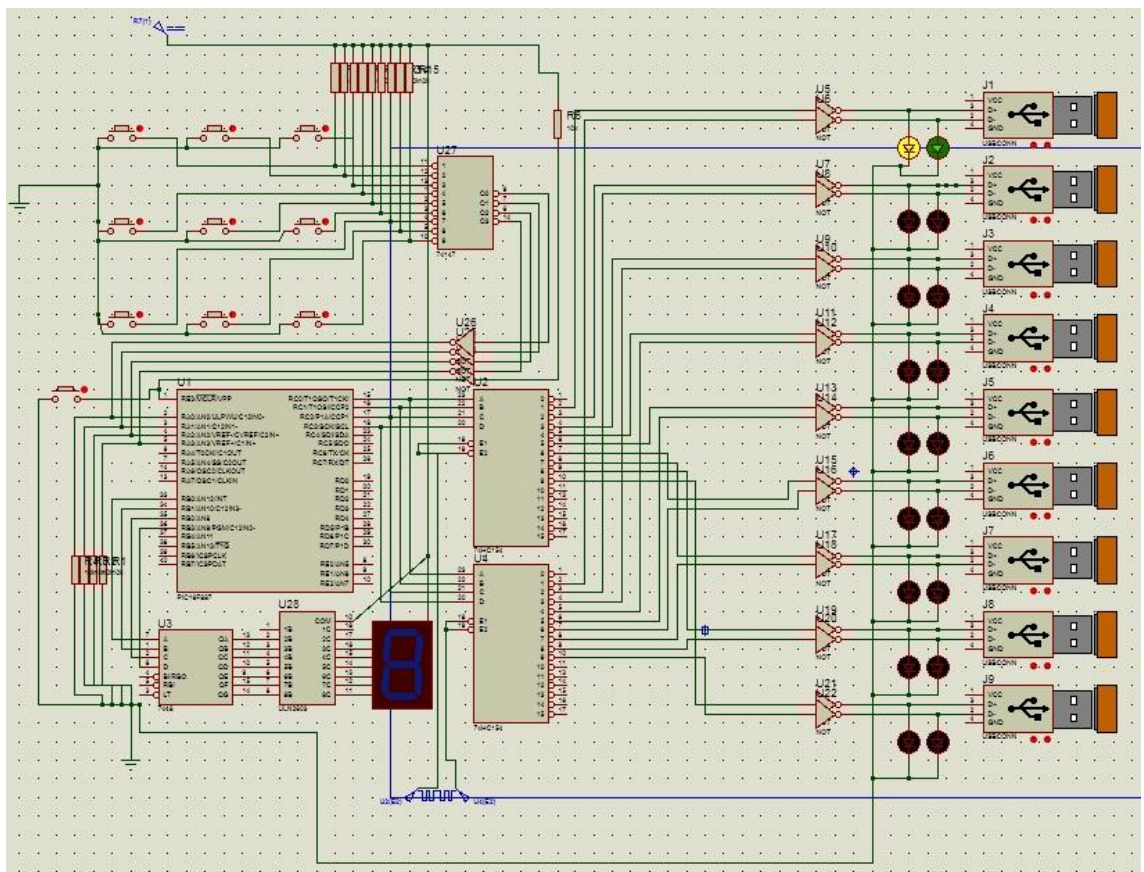
Al hacer las pruebas note el defecto de que los operadores debían desplazar el dedo continuamente de una manera poco ergonómica, lo que en un tiempo prolongado provoca molestia y hasta dolor, decidí modificar el diseño y me orienté por una base por la que se pueda desplazar el mouse y unos sensores que detecten su ubicación, primero probé con placas de cobre y con un conductor en la base del mouse para dar continuidad y hacer la misma función de un pulsador. Descarté esto pues supe que tendría una vida útil corta con tanta fricción.

Buscando componentes encontré los sensores Reed que son pequeños, económicos y fáciles de usar. Sin cambiar el diseño electrónico, sobre una base de acrílico, dispuse los sensores a una distancia de 10 cm lo que permita activar solo uno a la vez, simulando la distribución que tienen los monitores en la pared, en el mouse ubique dos imanes a lo largo del cuerpo de este, y para mejorar la sensibilidad puse dos sensores en paralelo por cada uno de los monitores, para hacer más fácil de manejar para los operadores.

Esto facilito mucho el trabajo para todos, pues se paso de tener ocho mouse a tener solo uno. Y solo con desplazar el mouse por la base se consigue conectarse con cada uno de los monitores (DVR y computador) de forma rápida.

Posteriormente simplifique el diseño electrónico ya que en ocasiones se presentaban errores, y reemplace el Microcontrolador, el codificador decimal a binario y el demultiplexor, por un bloque de relés, que se activan directamente con el sensor Reed, cuando el mouse con el imán se pasa sobre él.

Figura 20. Circuito de control electrónico



Fuente: Imagen diseñada por el autor.

## 7. RECURSOS

### 7.1 Humanos

Un tecnólogo en Mecatrónica y un asesor ingeniero de control.

### 7.2 Técnicos

La descripción incluye un listado de las actividades del proyecto que requerirán apoyos como material, equipo, salarios, etc., Se encuentra en relación directa con el presupuesto.

Al contar con el patrocinio de la administración del edificio, se cuenta con el respaldo total para poder adelantar la ejecución del proyecto.

Tabla 5. Recursos técnicos

Descripción	Cantidad	Precio	Subtotal
Contactores	38	22500	855000
Gabinete 60x80	1	280000	280000
Fuente	1	90000	90000
Cable dúplex	570	600	342000
Cable rígido	200	980	196000
Canaleta 2x4 tapa	3	7500	22500
Riel DIN	4	5000	20000

---

	TOTAL	\$1805500
--	-------	-----------

## 8. CONCLUSIONES

- La elaboración de este trabajo permitió la aplicación de una gran cantidad de conocimientos que se adquirieron en el transcurso de la carrera.
- Los PLC son dispositivos muy versátiles por que pueden utilizarse en cualquier aplicación donde se requieran controlar variables industriales, comerciales y también variables residenciales cuando se involucran sensores y actuadores de domótica.
- La domótica es un área de la ciencia que está en sus comienzos y puede aprovecharse para mejorar el confort en edificio y casas domesticas.
- La automatización de edificios los hace mas atractivos y cómodos para las personas que los visitan y además son amigables con el ambiente. En un edificio inteligente se puede ahorrar energía y utilizarla eficientemente.
- Se requiere que en el área de Mecatrónica los tecnólogos se formen cada día mejo en esta área de la domótica.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se sugiere que este proyecto continúe con la trayectoria propuesta para lograr que más variables se involucren en el control y se logre catalogar la estructura como un edificio inteligente.
- Es recomendable que los Tecnólogos Mecatrónicos se involucren con esta área de la domótica y se actualicen constantemente en esta área para que de esta forma sus posibilidades de empleo se mejoren en el mediano y largo plazo.
- A nivel educativo se deben actualizar los planes de estudio para brindar educación orientada a este tipo de aplicaciones para que los estudiante salgan al campo laboral mejor preparados y aporten con sus conocimiento en la sociedad.
- Este diseño que se propone en este trabajo es necesario mejorarlo cada día de acuerdo a las nuevas tecnologías que vayan surgiendo para que el edificio este a la vanguardia en el campo del control por medio de la domótica.

## GLOSARIO

**CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE:** más conocido por sus siglas en inglés *PLC (Programmable Logic Controller)*, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.



DOMOTICA: Palabra de origen francés (domotique) con un significado indeterminado. Le podemos atribuir el significado de la asociación del término domestico a los términos de electrónica-electricidad. Otro tipo de acepción que asociamos con la palabra domótica, es la telemática, siempre englobado al término doméstico o de uso común.

En lo sucesivo, cada vez que se use el término nos referimos en general a edificios inteligentes, y todo lo que engloba. (Aparatos, programaciones, métodos, sistemas, etc.)

INMÓTICA: Por Inmótica entendemos la incorporación al equipamiento de edificios de uso terciario o industrial (oficinas, edificios corporativos, hoteleros, empresariales y similares), de sistemas de gestión técnica automatizada de las instalaciones, con el objetivo de reducir el consumo de energía, aumentar el confort y la seguridad de los mismos.

SCADA: acrónimo de Supervisory Control And Data Adquisición (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores) y controlando el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención

EDIFICIO LEED: (acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design) es un sistema de certificación de países desde entonces edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council). Fue inicialmente implantado en el año 1998, utilizándose en varios.

GRABADOR DE VIDEO DIGITAL: DVR (*Digital Video Recorder*) es un dispositivo interactivo de grabación de televisión y video en formato digital. Se podría considerar como un set-top box más sofisticado y con capacidad de

---

grabación. Un DVR se compone, por una parte, del hardware, que consiste principalmente en un disco duro de gran capacidad, un microprocesador y los buses de comunicación; y por otra, del software, que proporciona diversas funcionalidades para el tratamiento de las secuencias de vídeo recibidas, acceso a guías de programación y búsqueda avanzada de contenidos.

---

## BIBLIOGRAFÍA

QUADDRIX SATA STAND ALONE DVR SERIES USER'S MANNUAL. QT-ZEUSII16N-S. 2009

HONEYWELL. SILENT KNIGHT, INTELLIKNIGHT 5820XL, Adressable fire system. Installation and operations manual, 08-27-2009.

COMUNIDAD DE MADRID. Guia técnica de iluminación eficiente, sector residencial y terciario. Madrid, 2006.

SPT INGENIERIA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. Quinta actualización. 2008. [www.sptingenieria.com](http://www.sptingenieria.com) [info@sptingenieria.com](mailto:info@sptingenieria.com)

[http://www.icontec.org.co/files/reglamento\\_de\\_normalizacion.pdf](http://www.icontec.org.co/files/reglamento_de_normalizacion.pdf)

[http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_15/recursos/01\\_general/documentos/16042010/normas\\_icontec\\_1486\\_ua.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_15/recursos/01_general/documentos/16042010/normas_icontec_1486_ua.pdf)

<http://isa.uniovi.es/docencia/AutomEdificios/presenta%20AldeE%2008-09.pdf>

Universidad de Oviedo

Área de ingeniería de sistemas y automática ISA

Última actualización: 10 Diciembre, 2007 12:10

Minos System the interlamp. UMPI Electronica, [www.sata.es](http://www.sata.es); [sata@sata.es](mailto:sata@sata.es); [www.minos-system.com](http://www.minos-system.com). <http://www.umpi.it/>

Catalogo eficiencia energética ABB en edificios Asea

Brown Boveri, S.A.

Low Voltage Products

Torrent de L'Olla 220

08012 Barcelona

[www.abb.es/niessen](http://www.abb.es/niessen)

Automated Buildings

2003 Year of the Smart Building.

<http://www.automatedbuildings.com/news/mar05/articles/mcgwn/mcgwn.htm>

Nacional FIRE Protection Asociation

2006 NFPA supports Paulison for FEMA Director

<http://www.nfpa.org/newsReleaseDetails.asp?categoryId=488&itemId=28044>

Honeywell

2006 Honeywell Building Solutions

<https://buildingsolutions.honeywell.com/Cultures/en-US/>

Asicontrols

2006 ASI Controls HVAC and lighting control systems [www.asicontrols.com](http://www.asicontrols.com)

NFPA

2006 Capacitación NPFA [www.capacitacionnfpa.com](http://www.capacitacionnfpa.com)