



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: AUTOMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN DE  
SISTEMAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS**

**Cristian de Jesús Herrera Tumax**

Asesorado por el MSc. Ing. César Francisco Santos Cifuentes

Guatemala, mayo de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: AUTOMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN DE  
SISTEMAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CRISTIAN DE JESÚS HERRERA TUMAX**

ASESORADO POR EL MSC. ING. CÉSAR FRANCISCO SANTOS CIFUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, MAYO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Francisco Gonzalez
EXAMINADOR	Ing. Armado Rivera
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Bedoya
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: AUTOMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN DE SISTEMAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 20 de noviembre de 2014.

**Cristian de Jesús Herrera Tumax**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



**ADSE-MEAPP-012-2015**

Guatemala, 08 de febrero de 2016.

Director:  
José Francisco González López  
Escuela de Ingeniería Eléctrica  
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del (la) estudiante **Cristian Herrera Tumax** carné número **2003-13155**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

*Ing. César Francisco Santos Cifuentes*  
*Ingeniero Mecánico Electricista*  
*Colegiado No. 5907*

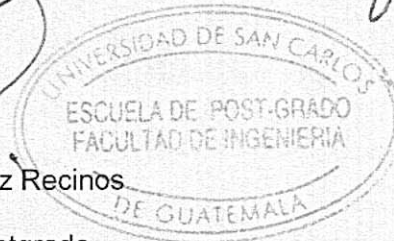
MSc. Ing. César Francisco Santos Cifuentes  
Asesor (a)

*"Id y Enseñad a Todos"*

*Ing. Juan C. Fuentes*  
*M.Sc. Hidrología*  
*Colegiado No. 2,604*

MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes M.  
Coordinador de Área  
Desarrollo social y energético

MSc. Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
/la



REF. EIME 43. 2016.  
Guatemala, 28 de ABRIL 2016.

FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística de su Proyecto de Graduación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: AUTOMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN DE SISTEMAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS**, presentado por el estudiante universitario Cristian de Jesús Herrera Tumax considerando que el protocolo es viable para realizar el Diseño de Investigación procedo aprobarlo, ya que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería.

Y ENSEÑAD A TODOS



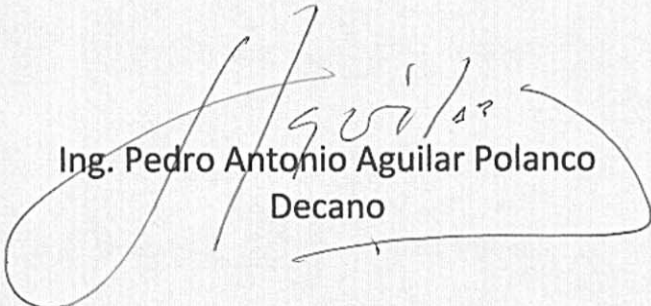
Ing. Francisco Javier González López  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica



DTG. 208.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: AUTOMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN DE SISTEMAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS**, presentado por el estudiante universitario: **Cristian de Jesús Herrera Tumax**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, mayo de 2016



/gdech

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
4. JUSTIFICACIÓN .....	11
5. OBJETIVOS .....	13
6. ALCANCES.....	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Automatización de edificios .....	17
7.2. Niveles de inteligencia en los edificios automatizados .....	19
7.3. Estándares universales en la integración de sistemas.....	20
7.3.1. Descripciones básicas .....	20
7.3.2. Variables disponibles o propuestas a explotación ...	21
7.4. Definición de equipos básicos .....	25
7.4.1. Sensores.....	26
7.4.2. Actuadores.....	27
7.4.3. Procesador .....	27
7.4.4. Infraestructura de comunicación .....	27



8.	ÍNDICE PROPUESTO .....	29
9.	METODOLOGÍA .....	33
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	35
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	37
12.	FACTIBILIDAD DE ESTUDIO Y RECURSOS NECESARIOS .....	39
	BIBLIOGRAFÍA .....	43
	ANEXO .....	47

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Sistema básico de control .....	23
2.	Equipo básico .....	26

## TABLAS

I.	Cronograma .....	37
II.	Tabla de recursos .....	40



# 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo se desarrolla dentro de las líneas de investigación de la maestría en Energía y Ambiente, Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el área de la automatización subdivisión de edificios y la optimización de energía, describiendo las bases fundamentales para la automatización e integración de los distintos sistemas que intervienen en el funcionamiento de un edificio a modo de ahorrar energía.

El modelo se planteó para que los edificios puedan operar con el recurso mínimo de energía, pero sin perder nunca su confort, eficiencia y demás. Todo se realiza con la optimización de los recursos, en otras palabras ser más eficientes en cada uno de los sistemas a modo de minimizar el consumo de energía para luego integrar los sistemas entre sí para que funcionen de una manera más acorde a las necesidades del edificio y con menos recursos. Con lo anterior se logrará mejorar el control de las variables en el sistema de automatización e integración, para una mejor manipulación de acuerdo a las necesidades.

Lo que impulsa la implementación de este tipo de sistemas entre las empresas que tienen este tipo de infraestructuras, es básicamente el nivel de ahorro que estos les permitirán tener, ya que la reducción de costos de operación que se tiene en estos edificios es considerable, no se diga los beneficios de medio ambiente, confort, eficiencia, estatus, control, flexibilidad todos, con el fin de crear un ambiente más agradable para el usuario, el medio ambiente y a la vez ahorrar dinero.

La automatización busca que los distintos servicios del edificio funcionen de una forma autónoma, por medio de la actuación sencilla de variables de entrada y salida. El grado de automatización dependerá de la inteligencia que se le quiera dar a los servicios, siempre respetando los estándares, con el fin de poder integrarlos.

Actualmente, los edificios tienen sistemas de automatización bastante desarrollados; sin embargo, hace falta la parte de integración entre los mismos servicios para dar la solución completa al funcionamiento autónomo tomando en cuenta una infinidad de variables.

Las variables que se estarán controlando podrán manipular las salidas que tenga el sistema a modo de operar el edificio de acuerdo a las necesidades requeridas. Esto funcionará por medio de las variables de entrada que serán todos los dispositivos que puedan brindar información sobre el estatus del edificio y conforme a esto las mismas puedan actuar sobre las variables de salida para realizar las acciones deseadas o correctivas para mantener los parámetros de cada sistema en los niveles óptimos.

La integración definirá la forma en que interactuarán las variables de los distintos servicios entre si y obtener de esa forma el funcionamiento deseado, esto con el fin de realizar reajustes de operaciones derivado de una serie de valores en las entradas en el sistema.

Ahora bien a nivel de control es donde se interviene para monitorear y controlar las distintas variables a modo de prevenir cualquier falla en el sistema, aclarando siempre que los sistemas traen la opción de operar en cualquiera de los dos modos (Manual/Automático).

Considerando todo lo anterior, los niveles de ahorro y el nivel de inversión requerida se define que el retorno de la inversión se puede alcanzar en muy poco tiempo, debido a los niveles de calidad, confort y eficiencia que este tipo de instalaciones brindará.

La inversión requerida para estos sistemas está al alcance de estas empresas, ya que con el ahorro obtenido en la implementación del sistema tendrá su retorno de inversión a corto plazo.



## 2. ANTECEDENTES

La automatización de edificios se remonta a los años 70 en donde ya se automatizaban los HVAC con procesadores de computadora de forma independiente, ya en los años 80 surge la automatización de la iluminación, Seguridad y demás sistemas teniendo aún el inconveniente la falta de integración entre los mismos. Ya en la década de los 90 surgieron los primeros sistemas automatizados integrados, los cuales a la fecha ya se cuenta con una variedad de equipos y marcas que manejan la automatización e integración de los diferentes sistemas a un nivel inimaginable (Baca, 2007).

Según (Ceròn, 2009), los objetivos principales que buscan dichos sistemas son: Control y Supervisión, Control Técnico, Optimización de recursos y el principal Ahorro de Energía que en pocas palabras nos dice que lo que se busca es que el edificio sea más eficiente y flexible para poder mejorar los costos de operación del mismo. Dicha persona muestra un enfoque interesante de la forma adecuada de realizar el diseño de automatización, ya que muestra primero que un sistema se debe de empezar por automatizar cada uno de sus servicios de forma independiente proyectando siempre los equipos necesarios para poder integrarlo a futuro o ya viendo el sistema a nivel global. Por lo que se logra entender que para el diseño adecuado de un edificio inteligente, se debe de trabajar por servicios primero para luego integrarlo de una forma correcta y adecuada.

Las ventajas de los edificios inteligentes pueden ser para los administradores como para los usuarios, entre las cuales cabe mencionar: facilidad de mantenimiento, comunicación hacia dentro y hacia fuera mejorando



así la economía y eficiencia del edificio, monitoreo, ambientes seguros, confort para aumentar la productividad y creatividad de los usuarios. Dicha autora también hace mención de cómo se debe de tomar muy cuenta el diseño estructural del edificio, todo para realizar el diseño de automatización e integración del sistema a modo de que sea lo más eficiente posible. Como punto a recalcar hace mención de tres aspectos importantes en la definición de la estructura del edificio: flexibilidad del edificio, integración de servicios y el diseño interior y exterior todo esto con el fin de pensar a futuro así no enmarcar dicho edificio, si no que el mismo pueda acoplarse a los cambios (Kirschning, 1992).

Derivado de todo lo anterior una de las definiciones más completas sobre la automatización de edificios o edificios inteligentes la que se define como: "El edificio inteligente es aquel que por sí mismo puede crear condiciones personales, ambientales y tecnológicas para incrementar la satisfacción y productividad de sus ocupantes, dentro de un ambiente de máximo confort y seguridad, sumado al ahorro de recursos energéticos a partir del monitoreo y control de los sistemas comunes del edificio." (Salcedo, 2008). Como podrán observar la definición contempla de una manera simple todos los aspectos en los que influye dichos sistemas como confort, ambientes agradables, crecimiento a futuro, ahorro, etc.

Estos sistemas pueden tener el alcance que se desee, ya que en la actualidad los procesadores o PLC se han desarrollado a tal manera que existen una infinidad de ellos para cada situación. Por lo que el alcance se definirá por el nivel de inteligencia que se le quiera dar al edificio, según el estudio de (Lourdes del Pilar Freire Villagran, 2008) define las inteligencias de los edificios de acuerdo al alcance que se desee, por lo que estos pueden ser de nivel básico que únicamente se automatizan los sistemas de forma

independiente, de nivel medio que ya integra los sistemas de una forma física (entradas/salidas) y por último el nivel máximo que este ya integra todos los sistemas por medio de un nivel de telecomunicaciones. La diferencia entre los dos últimos es únicamente que la comunicación o integración se dará por medio de la red de comunicaciones entre los equipos maestros de cada sistema, mientras que el nivel medio integrara los sistemas entre dispositivos esclavos o de entradas/salidas.

La comunicación o integración de los sistemas llegó a ser un problema en algún tiempo, esto debido a la falta de estándares internacionales en dicho tema, ya que cada sistema manejaba su propio protocolo. Derivado de lo mismo surgen varios protocolos en los últimos años, entre los que cabe destacar X-10, Profibus, Batibus, EIBus, Bacnet, LonWorks. Uno de los protocolos más importantes que se tiene por la región donde estamos ubicados es el definido por la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) BACNET, ya que es uno de los más completos para la integración de los sistemas de edificios (Salcedo, 2008).

Dicho protocolo es un estándar global para la automatización de edificios o edificios inteligentes que busca que los equipos de diferentes fabricantes puedan comunicar sus equipos a modo de integrarlos en un solo sistema, visto de otro punto de vista, dicho protocolo es como un estándar de comunicación que hace que todos los fabricantes hablen el mismo idioma que se integra, a través de plataformas como Andover Continuum. El nivel de comunicación que se puede tener va depender de la capacidad de los equipos, ya que como anteriormente se mencionó hay niveles de inteligencia que estos pueden manejar y todo va depender del equipo que se utilice ya que no todos tienen la misma capacidad (Electric S. , 2012).

La capacidad de los sistemas integrados o de los edificios inteligentes está muy desarrollada a la fecha, ya que prácticamente no se tienen limitantes con base a capacidad si no más que todo dependerá del alcance que se desee tener.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día el desperdicio de energía en los edificios (Centros Comerciales, Hoteles, Edificio de Oficinas, etc.) es un gran problema, primero en el alto consumo de energía eléctrica que estos tienen por la gran cantidad de equipo utilizado y segundo por la gran cantidad de energía que se desperdicia por cuestiones de descuido, descontrol, desaprovechamiento de energías ambientales, etc. Por lo que entre las incógnitas que se pretenden resolver están, tenemos la principal que sería:

¿Cuál es el diseño de sistemas de automatización óptimo para el ahorro energético en edificios?

De la infinidad de causas que se tienen en el mal gasto de energía, la investigación pretende hacer énfasis en la falta de automatización e integración de los sistemas que integran un edificio (Iluminación, Fuerza, A/C, Control de Incendios, CCTV, Alarmas, Accesos, etc.) enfatizando en la automatización e integración que estos deberían de tener para funcionar en conjunto.

Esta investigación tiene varios alcances entre los principales está la de poder responder a las siguientes preguntas:

¿Qué beneficios se obtendrán de la automatización e integración de los sistemas del edificio?

¿Qué nivel de ahorro me permitirá este sistema?

¿Hasta qué nivel de autonomía se puede llevar el funcionamiento del edificio?

¿El tipo de control o supervisión se tendrá sobre el mismo y las variables a controlar?

Todo esto con el fin de resolver las incógnitas principales y así definir los objetivos de una mejor manera.

Por lo que lo que se pretende es el diseño adecuado de la Automatización e Integración de los diferentes sistemas que componen los grandes edificios, esto por medio de tomar en cuenta todos los factores que intervienen en el proceso para que el sistema pueda funcionar de una forma autónoma e integral, puesto en otras palabras que el edificio pueda tener la capacidad de funcionar de una forma inteligente y por sí solo. Esto se logrará a través de la integración de los servicios de A/C, iluminación, fuerza, alarmas, accesos, CCTV, incendios y demás sistemas a modo que todos funcionen en conjunto para el edificio, teniendo todos los sistemas accesibilidad a los diferentes parámetros que cada sistema maneja. Derivado del Árbol de Problemas (ANEXO I).

## 4. JUSTIFICACIÓN

Con dicha investigación se logrará establecer los requerimientos o estándares básicos que se deben de tomar en cuenta para realizar el diseño adecuado en la automatización e integración de los distintos sistemas que operan en un edificio, como lo son: la iluminación, fuerza, accesos, CCTV, incendios, alarmas, etc. Esto se logrará primeramente con la automatización individual de cada sistema para que los mismos puedan operar de una forma independiente en algunos casos y de forma integral cuando se requiera. Luego de haber automatizado los distintos sistemas de manera independiente, estos se integrarán para que puedan operar en conjunto de una manera adecuada, dicho en otras palabras que los sistemas se integren para que funcionen en algunos casos con propósitos de otros sistemas y en su mayoría con el propósito general del edificio.

Luego de haber definido todos los estándares e adecuaciones entre sistemas, con dicho estudio se podrá establecer la parte de control o gráfica en donde se definen las variables críticas que se tendrán que controlar en cada sistema. Esto se define de acuerdo a cada sistema integrado, con sus respectivas alarmas notificaciones para alertar cuando dichos sistemas estén fallando.

Con todo esto se logrará que los sistemas se controlen de una forma óptima para que operen únicamente cuando realmente sea necesario. Cada uno estará funcionando de forma autónoma y de forma integral, todos con el mismo propósito trayendo ahorro y optimización de energía, confort, autonomía. Como se puede observar prácticamente el edificio operara con inteligencia

artificial tomando decisiones de cuando operan y cuando no, analizando variables, desplegando alarmas cuando haya fallas, etc. Con esto se resolverían todos los inconvenientes que tienen hoy en día los edificios, ya que en la actualidad estos tienen un alto descontrol, desperdicio de energía, no son para nada confortables y no digamos la parte en que todo se opera de forma manual, lo que indica costos de operación y supervisión en el mantenimiento de los mismos, depreciación de equipos, altos costos de consumo de energía.

Por ende, se puede observar que el costo de inversión en dichos sistemas de estudios, pues no es nada barato, pero si se observa a largo plazo el ahorro que este traerá en: energía, mantenimiento, personal, depreciación de equipos. Pues es muy factible realizar dichos sistemas inteligentes, ya que a futuros no muy lejanos se tiene la recuperación del capital invertido para los inversionistas o dueños de los mismos.

El objetivo general se alcanzará realizando el diseño adecuado de los diferentes servicios de forma independiente para luego ser integrados en el sistema general, con esto se logrará establecer las diferentes prioridades del edificio. Esto ya por sistema y a nivel del edificio para lograr un funcionamiento integral de los diferentes sistemas para obtener las metas deseadas de confort, ahorro, autonomía, control y así poder optimizar los recursos haciendo lo mismo con menos.

## 5. OBJETIVOS

### **General**

Diseñar los diferentes sistemas de automatización e integrarlos entre sí, para optimizar el uso de la energía en los edificios.

### **Específicos**

1. Reducir el consumo de energía en el funcionamiento del edificio.
2. Aprovechar de una mejor manera los recursos de energía disponibles para el ahorro energético en el edificio.
3. Obtener el nivel de confort deseado para cada área.
4. Controlar las variables críticas de cada sistema, para operar el sistema.





## 6. ALCANCES

Con dicha investigación se pretende satisfacer las necesidades de confort que hay en los usuarios y el control que desean tener los administradores sobre los edificios, todo con el fin de satisfacer de obtener la mayor cantidad de beneficios entre los cuales se puede mencionar: ahorro, eficiencia, optimización, confort, control, manejo, etc. Basados en una solución de automatización e integración de los sistemas a modo de brindar al edificio cierta inteligencia para que pueda operar por si solo o con la mínima actuación de los seres humanos, esto por medio de la interpretación de las variables de entrada para la obtención del estado del edificio para luego por medio de la interpretación de variables se pueda gestionar acorde a las directrices programadas en los procesadores.

Luego de la obtención de variables y el análisis respectivo de cada una, se procede con las acciones a realizar acorde a los rangos o mandos especificados para ya proceder con las acciones o medidas correctivas, ya sea activando los aires, encendiendo o apagando la iluminación, etc.

Por lo que con los análisis y acciones se podrá lograr todos los beneficios antes mencionados. Un aspecto importante que abarcará esta investigación será la de la integración de los diferentes sistemas a un nivel muy alto, con el fin de trabajar con una solución más completa sobre el funcionamiento eficiente del edificio.



## 7. MARCO TEÓRICO

### 7.1. Automatización de edificios

La automatización de edificios se refiere básicamente al funcionamiento de los distintos sistemas que lo operan de forma automática de acuerdo a sus necesidades y requerimientos cambiantes, todo para optimizar el uso de energía para la operación del mismo. Este puede tener los aspectos de flexibilidad y diseño, lo cual para la era ya de los edificios inteligentes esto ya no es una opción sino una necesidad (Juan Manuel Hernandez Soriano, 2010).

Entre los componentes que forman la automatización de edificios se tiene:

- Componentes de control
- Comunicación de voz y datos
- Aire acondicionado
- Iluminación
- Seguridad
- Control de accesos
- CCTV
- Alarmas
- Ascensores y escaleras
- Sistema de incendios
- Administración de energía

Donde todos ellos van a ir de acuerdo a nivel de inteligencia que se le va dar al edificio, ya que acorde al mismo es el nivel de sistemas que se estarán integrando para la operación del mismo (Astudillo, 2012).

Entre las ventajas que la automatización de edificios nos permite y la inteligencia que estos nos permiten, tenemos las principales que son:

Para los administradores, un edificio inteligente proporciona a sus administradores un conjunto de facilidades para su mantenimiento, así como para la comunicación hacia dentro y hacia afuera del edificio permitiendo un control eficiente y económico, vigilancia, seguridad contra fuego, monitoreo, sistema de alarma (aviso a los ocupantes dentro del edificio, a la policía, a los bomberos y hospitales).

Para los usuarios, un edificio inteligente ofrece a sus usuarios, en su lugar de trabajo, un ambiente seguro, diseñado ergonómicamente y en función de las personas (*People Oriented*) para aumentar su productividad y estimular su creatividad. Provee también servicios sofisticados de computación y telecomunicaciones. En hoteles y residencias debe proporcionar un ambiente que sea confortable y "más humano", evitando así los entornos fríos e impersonales (Kirschning, 1992).

Entre los distintos beneficios que pueden brindar este tipo de edificios se tiene según (Astudillo, 2012), se tienen:

- Normalización en los sistemas de cableado eléctrico, lo que además ayuda a Modificaciones y actualizaciones en los sistemas de control.

- Un alto valor del edificio y su arrendamiento por su potencial manejo y control Individual.
- Administración de la energía y su costo, a través de un control programable, por zonas, días y horas, fijo o momentáneo.
- Los ocupantes o arrendatarios del edificio pueden manejar el sistema de control mediante una computadora o por teléfono.
- El sistema de control puede ser monitoreado para varios propósitos, historial de consumo de energía, estado de iluminación en sectores, entre otros.
- Fallas, anomalías, servicios, alarmas, etc., serán rastreadas por el sistema de control.
- Una sola persona o muy pocas personas gracias a varias interfaces pueden manejar teléfonos, seguridad, parqueo, redes LAN, dispositivos inalámbricos, directorio del edificio, etc.

## **7.2. Niveles de inteligencia en los edificios automatizados**

Es muy complicado diferenciar los edificios inteligentes de los no inteligentes o convencionales, pero ya viéndolos desde el punto de vista tecnológico se establecen varios parámetros en los que se pueden diferenciar. Según el Instituto de Cerda fundación privada dedicada a asesorar la construcción de edificios inteligentes, define que como “Inteligente” a la existencia de por lo menos un proceso para considerar un edificio tecnológicamente inteligente.

Ellos consideran que los tipos de inteligencia prácticamente se diferenciarán entre si el edificio es automatizado o el edificio es inteligente presentando las siguientes características:

**Edificio automatizado:** este incluye todos los componentes antes mencionados en integración de servicios, es decir que incorporan los sistemas que responden de forma automática a necesidades y requerimientos cambiantes optimizando el uso de energía.

**Edificio inteligente:** es el que acerca más y más la informática y las telecomunicaciones a modo de que ya no se hablen de ellas por separado si no en conjunto, entonces es un edificio inteligente aquel que además de ser automatizado se le agrega la tecnología de la información relacionada con el área de la automatización de la actividad. Incluyendo ya forzosamente aspectos como flexibilidad, diseño, automatización del edificio, planificación del espacio y telecomunicaciones (Salcedo, 2008).

### **7.3. Estándares universales en la integración de sistemas**

#### **7.3.1. Descripciones básicas**

Los diseños de este tipo de edificios deben de incorporar criterios de flexibilidad, característica que permite integrar en la edificación las tecnologías que se desarrollen a futuro, así como la modificación de su distribución física. El sistema de automatización se caracteriza por la seguridad y la operación realizada mediante un estricto control y acciones de mantenimiento preventivo. El sistema de automatización a implementarse tiene como finalidad brindar comodidad, seguridad y la reducción de costos en las diversas áreas que

conforman el edificio. Los sub-sistemas y tareas a realizarse para cada uno de ellos se especifican a continuación:

- Diseño del sistema automática de luces
- Control del sistema de ventilación y aire acondicionado
- Control y monitoreo del sistema de seguridad
- Sistema de control de accesos
- Sistema de detección y alarma de incendios
- Control y monitoreo del sistema eléctrico de emergencia

Activar o apagar sectores por acción de otros sistemas tales como:

- Incendios
- Control de accesos
- Detección de intrusión

Por lo que el diseño de las instalaciones debe incorporar flexibilidad, característica que permite integrar en la edificación las tecnologías que se desarrollen a futuro, así como la modificación en su distribución física. Tales inmuebles también se caracterizan por incrementar la seguridad y la operación de realizar un estricto control y acciones de mantenimiento preventivo (Ceròn, 2009).

### **7.3.2. Variables disponibles o propuestas a explotación**

Definición de variables disponibles

Entrada del sistema: Es una variable que al ser modificada en su magnitud o condición puede alterar el estado del sistema, dicho en otras



palabras dependiendo del valor de entrada hará activar o funcionar una variable de salida.

Salida del sistema: Es la variable que se desea controlar (posición, velocidad, presión, temperatura, etc.) y dependerá o se hará activar por medio manual o de forma automática respecto a una variable de entrada (FIUBA).

Los progresos técnicos en los campos de la electrónica, la informática y las comunicaciones y la gran reducción de costo han posibilitado la aplicación masiva de los sistemas de automatización. Con el apoyo de los sistemas automatizados y la coordinación de un control central, los edificios denominados inteligentes son una expresión concreta de la integración de las dimensiones tecnológicas, sociales y económicas para mejorar la relación del hombre con su medio. Forman parte de una disciplina que se consolida día a día: la domótica (conjunto de servicios integrados en la vivienda). Pero no debemos confundir automatización con inteligencia. No todos los edificios automatizados son inteligentes.

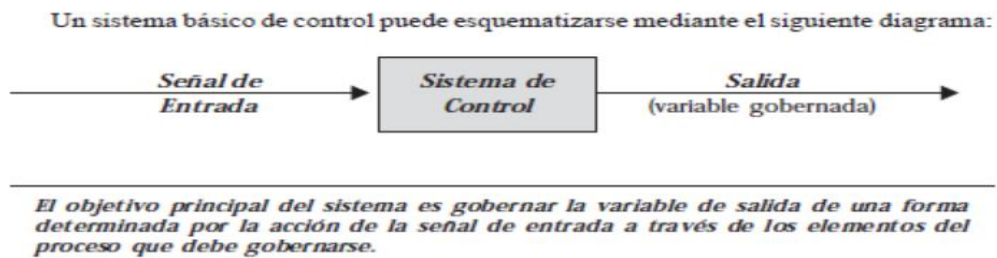
Los automatizados son aquellos que tienen inteligencia aplicada a cada instalación ó solo en algunas pero estas no están interconectadas y no se pueden ordenar en función de prioridades. Mientras que un edificio inteligente las instalaciones están vigiladas por un controlador general.

Por lo que la inteligencia empieza cuando se tiene un sistema que gestione dicha automatización, un edificio inteligente cuenta con todos sus sistemas centralizados e interactuantes y su cerebro tiene funciones vinculadas con la comprensión y el aprendizaje. La función de autocorrección le permite reaccionar ante situaciones anormales o estímulos externos, desencadenando

los actos necesarios para adaptarse ante la nueva situación por lo que dicho en otras palabras este puede reaccionar ante instrucciones programadas de acuerdo a la entrada de ciertas variables o operar sistemas sin la intervención humana.

En dichos sistemas de control se pueden encontrar tanto variables de entrada como de salida, la diferencia entre ambas es que una servirá para obtener información mientras la otra para actuar ante ciertas circunstancias.

Figura 1. **Sistema básico de control**



Fuente: (Electric S. , 2012)

Entre las variables que se pueden mencionar tanto de entrada como de salida tenemos: las análogas y las digitales.

Las análogas simplemente son las que tienen un rango de señales de acuerdo a la variable medida y da valores desde 0 hasta el infinito y Las Digitales solo toma dos valores 0 o 1. Por lo que dicho en otras palabras, la primera nos permitirá controlar valores en cierto rango para poder interpretar o actuar de la misma forma, mientras que las digitales solo dos ya sea 1 o 0.

Para ayudar a entender la diferencia entre ambas se ejemplifica de la siguiente forma:

Análogas: sensores de temperatura, foto celdas, sensores de humedad, medidores de voltaje, medidores de corriente.

Digitales: detectores de movimiento, controles de iluminación, sensores de alarma, contactos.

Por lo que pretende dichas formas de control o la interpretación/manejo de las distintas variables son:

- Mantener las variables que determinan el confort en los valores adecuados.
- Minimizar el consumo de energía mediante el control óptimo de los equipos.
- Conocer y localizar cualquier situación de alarma en el momento en que esta se produce y tomar las medidas correctivas oportunas.
- Concentrar la información
- Realizar de forma sencilla y rápida las modificaciones de nuevos equipos.

#### **7.4. Definición de equipos básicos**

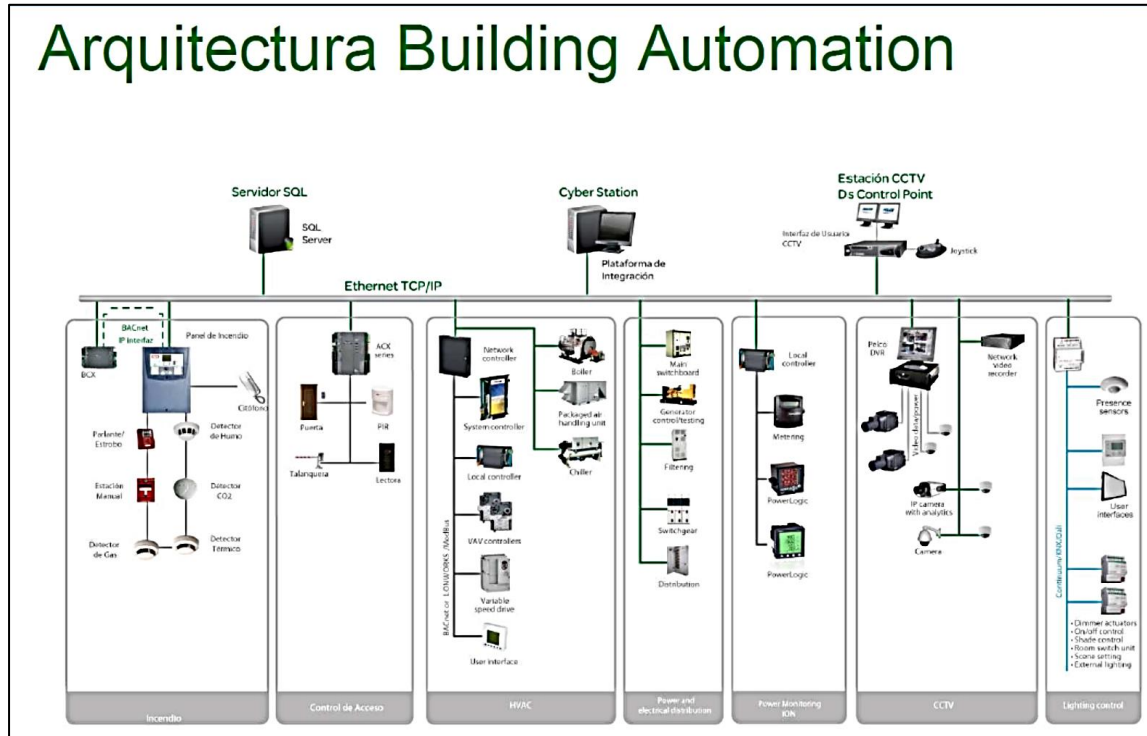
En un edificio inteligente se debe de disponer de un sistema de control que pretende optimizar de forma integrada las funciones inherentes a la operatividad, administración y mantenimiento del edificio. Para conseguir esto, el sistema de control debe de estar comunicado con su entorno.

Esto debe facilitar:

- Información del estado del edificio (sensores)
- Elementos que ejecuten las acciones (actuadores)
- Sistemas de control (procesadores)
- Infraestructura de comunicación

Viendo dicho esquema en su forma estructural, quedaría más o menos de la siguiente forma:

Figura 2. Equipo básico



Fuente: (Electric S. , 2012)

Entre los componentes mínimos se tiene:

#### 7.4.1. Sensores

Un sensor o captador, como prefiera llamársele, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular (Molina). En otras palabras son los encargados de recoger información sobre el estado del edificio, con el objetivo de que el sistema de control pueda tomar decisiones con base en esta información, estos pueden ser continuos o discretos. Dicho en otras palabras, son todas las

señales de entrada: sensores de movimiento, foto celdas, control de luces, contactos secos, sensores de temperatura, entre otros.

#### **7.4.2. Actuadores**

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o actuar otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina neumático, hidráulico o eléctrico (Vildósola). Dicho en otras palabras son los elementos que ejecutan acciones del sistema de control, dicho en otras palabras actúan sobre el medio que se está controlando y al igual que los sensores pueden ser continuos o discretos. Estos básicamente son las salidas: control de la iluminación, control del A/C, control de alarmas, control de accesos, entre otros.

#### **7.4.3. Procesador**

Este básicamente es el cerebro del sistema, ya que es el que analiza y evalúa todas las variables y actúa acorde a lo programado. En otras palabras es el que ejecuta el sistema de control, estos se caracterizan por el número de entradas/salidas que pueden manejar y por la capacidad de comunicación que pueden llegar a tener (Dpto. de Ingeniería Electrónica).

#### **7.4.4. Infraestructura de comunicación**

Esta se refiere a cómo se realiza la comunicación entre los sensores y actuadores con el sistema de control o sea las vías por las que camina la información que permite gestionar el sistema. Por tanto, hablar de

infraestructura de la instalación se refiere al cableado de la misma y cómo este se distribuye. Vale la pena aclarar que como actualmente va la tecnología esta infraestructura puede con una cantidad innumerable (Quiroga).

## **8. ÍNDICE PROPUESTO**

En el contenido general del presente trabajo se enfoca en la automatización e integración de los diferentes sistemas que intervienen en el funcionamiento del edificio, específicamente los niveles de inteligencia a los que se puede llegar.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### **1. AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS**

#### **1.1. Especificaciones generales**

1.1.1. Definición

1.1.2. Componentes

1.1.3. Ventajas

1.1.4. Beneficios

#### **1.2. Niveles de Inteligencia en los edificios automatizados**

1.2.1. Tipos de Inteligencia



- 1.2.2. Alcances
- 1.2.3. Sistemas involucrados
- 1.2.4. Requerimientos básicos
  
- 1.3. Estándares universales en la integración de sistemas
  - 1.3.1. Descripciones básicas
  - 1.3.2. Componentes mínimos
  - 1.3.3. Estándares de comunicación
  
- 1.4. Variables disponibles o propuestas a explotación
  - 1.4.1. Definición de variables disponibles
  - 1.4.2. Tipos de variables
  - 1.4.3. Formas de explotación y control
  
- 2. FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS
  - 2.1. Sistemas automatizados
  - 2.2. Variables controladas
  - 2.3. Niveles de comunicación
  - 2.4. Sistema de control
  
- 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS
  - 3.1. Identificación de las necesidades
  - 3.2. Variables a medir y controlar
  - 3.3. Identificación de los equipos requeridos
  - 3.4. Definición de la estructura del sistema
  
- 4. INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS
  - 4.1. Análisis de la plataforma para la integración
  - 4.2. Definición de los canales de comunicación

- 4.3. Identificación de las variables críticas a controlar
- 4.4 Establecimiento de los rangos de cada variable
- 4.5 Programación de la plataforma de integración

## 5. SISTEMA DE CONTROL

- 5.1. Análisis de las variables críticas a controlar
- 5.2. Diseño de la parte grafica
- 5.3. Generación de las distintas alarmas

## 6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS



## 9. METODOLOGÍA

La metodología a utilizar para alcanzar los objetivos planteados se detallan en el cuadro de correspondencia (ANEXO II), para que se relacionen directamente las preguntas con los objetivos y por último se entienda lo que se hará para alcanzar las metas deseadas y así identificar las variables que se estarán midiendo para retroalimentar el alcance que se obtiene.

A continuación se detallan las principales acciones para alcanzar los objetivos planteados:

Fase 1- Como principal acción o una de las primeras fases es de automatizar cada sistema que interviene en el funcionamiento del edificio por separado (Iluminación, aire acondicionado, control de accesos, CCTV, alarmas, etc.) de forma adecuada para que puedan funcionar de forma autónoma entre sí pero con visión para Integrarlos con el resto de sistemas, es decir que los diferentes sistemas puedan operar de forma automática o con la menor participación humana y que se dejen variables de comunicación en cada uno para integrarlos, a fin de que todos ya en conjunto operen con una misma meta u objetivo y se acoplen de forma adecuada para facilitar su integración y de esta manera obtener los beneficios de ahorro de energía, optimización de recursos, confort, control, etc.

Fase 2- Como segunda fase está garantizar que cada uno de los sistemas automatizados pueda operar de forma independiente y únicamente cuando sea necesario, esto se logrará programando las variables de entrada para que operen salidas con valores restringidos como horarios, temperaturas, valores,

etc. Y así obtener el funcionamiento de los mismos únicamente cuando sea necesario o cuando se requiera.

Fase 3- Como una tercera fase se requiere optimizar la energía, aprovechando toda tipo energía disponible de los distintos sistemas y prioritariamente la energía que nos proporciona el medio ambiente (energía solar, energía eólica, energía hidráulica, etc.) esto por medio de dispositivos que nos permitan convertir la energía para propósitos requeridos dentro del edificio o de control de variables dentro de los sistemas, estos podrían ser paneles solares, generadores eólicos, fotoceldas, etc.

Fase 4- La cuarta fase corresponde el alcanzar el confort del edificio que se desea, ya que este será muy percibido por los usuarios y se quiere que los usuarios sientan la comodidad necesaria acorde a sus labores y actividades, esto se alcanzara diseñando la automatización e integración acorde a las áreas específicas de trabajo y de forma más personalizada, esto para facilitar los trabajos realizados de una manera cómoda y más eficiente.

Fase 5- Como último se tiene la parte de control del sistema, lo que se pretende es no saturar a las personas que estarán verificando el sistema, si no simplificar su trabajo con el simple hecho que supervisen o vean realmente lo critico de cada sistema y esto se alcanzará diseñando la parte gráfica únicamente con el control o verificación de las variables críticas o realmente necesarias en la operación de cada sistema.

## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Las técnicas de análisis de información que se estarán utilizando en el presente trabajo se tiene la del análisis de la información bibliográfica, recopilación de información en campo y el análisis de la información. En las cuales se puede describir las adjuntas:

Técnica de análisis de información bibliografía: Recopilación de información relacionada a la automatización de edificios inteligentes, los protocolos de comunicación, los dispositivos de entrada y salida.

Así como la comprobación de los mejores dispositivos para utilizar en este tipo de sistemas, los materiales más adecuados acorde al tipo de edificio e nivel de inteligencia.

Trabajo en campo: Se realizarán visitas periódicas a distintos edificios con niveles de automatización o inteligencia, en los cuales se analizara las técnicas, dispositivos y sistemas que utilizan.

Técnicas de análisis: En esta técnica se hará uso de herramientas computacionales para realizar el cálculo comparativo de los distintos sistemas y niveles de inteligencia para digitalizarlo y presentar los resultados obtenidos de forma gráfica, numérica o por medio de tablas. Esto para determinar los mejores sistemas o dispositivos que permitan tener mejores resultados en la investigación.



## 11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla I. Cronograma

Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17
Recopilación de los Requerimientos del Cliente	X																
Definición de la Estructura del sistema		X															
Análisis del Equipo Requerido			X														
Alcances del sistema				X													
Definición de los Sistemas a Integrar					X												
Comunicación de los Módulos						X											
Definición de las variables a Medir							X										
Definición de las variables a Controlar								X									
Diseño del Cableado Estructurado									X								
Interconexión de los Equipos										X							
Definición de los Módulos de Programación											X						
Definición de los Rangos de los parámetros												X					
Establecer acciones en base a las mediciones													X				
Definición de la Parte Gráfica y control														X			
Ordenamiento de la Información															X		
Definición de Estructura en Base a Normativa																X	
Finalización del Trabajo de Investigación																	X

Fuente: elaboración propia.





## 12. FACTIBILIDAD DE ESTUDIO Y RECURSOS NECESARIOS

Dicho estudio se determina viable, debido a que realizando una comparación directamente del consumo de energía en estos grandes edificio se puede observar que muchos de ellos varían entre los miles de kilowatt-hora hasta los megas de watts consumidos, por lo que comparando solamente estos temas se puede observar sin tanto análisis que al reducir el consumo de energía a un nivel considerable es ahorro muy significativo a nivel económico.

Todo esto se debe a que energía significa dinero y mientras más se ahorre o se optimice este recurso directamente se reducirá el costo de operación y por ende, el gasto que se realiza para que el mismo se mantenga en funcionamiento. Tomando en cuenta lo anterior se logra observar que el nivel de beneficio costo es muy alto y por lo mismo, la recuperación de la inversión puede llegar a ser en muchos casos a mediano plazo, esto siempre acorde a los niveles de automatización e integración que se le den al sistema.

Recursos necesarios:

- Recursos materiales:
  - Equipo de cómputo
  - Equipo y mobiliario de oficina
  - Internet
  - Bibliografía para consulta
  - Software
  - Cámara fotográfica

- Impresora
  - Casco
  - Guantes
  - Gafas de seguridad
  - Vehículos
- **Recurso Humano:**
    - Asesor de trabajo de graduación
    - Asesoría por parte de los catedráticos de la Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica
    - Técnicos Electricistas

Recursos financieros:

Tabla II. **Tabla de recursos**

Núm.	Descripción	Costo (Q)
1	Mobiliaria y equipo	Q 5,000.00
2	Internet	Q 1,000.00
3	Equipo de protección personal	Q 150.00
4	Equipo de Medición	Q 1,500.00
5	Vehículo transporte (depreciación y consumo combustible)	Q 4,000.00
6	Pago de asesor	Q 2,500.00
<b>Total</b>		<b>Q 14,150.00</b>

Fuente: elaboración propia.

Los gastos económicos serán costeados por el estudiante, el trabajo de investigación es factible, porque se tiene acceso a los recursos necesarios para realizar las investigaciones.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Astudillo, M. O. (2012, octubre 1). Diseño de un Edificio Inteligente. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
2. Baca, I. P. (2007, abril 27). Plataforma de Telecomunicaciones en Edificios Inteligentes. Lima, Peru: Universidad San Martin de Porres.
3. Ceròn, C. A. (2009, marzo 1). Diseño del Sistema de Automatizacion para un Edificio Inteligente. Quito, Ecuador: Escuela Politecnica Nacional.
4. Dpto. de Ingenieria Electrónica, d. S. (n.d.). *Universidad de Huelva*. Retrieved from [http://www.uhu.es/diego.lopez/AI/auto\\_trans-tema1.pdf](http://www.uhu.es/diego.lopez/AI/auto_trans-tema1.pdf)
5. Electric, S. (2010, 01 08). Manual de Soluciones Eficiencia Energetica. Argentina .
6. Electric, S. (2012, enero 1). Automatizacion de Edificios. Scheneider Electric.
7. FIUBA. (n.d.). *AUTOMATIZACION*.

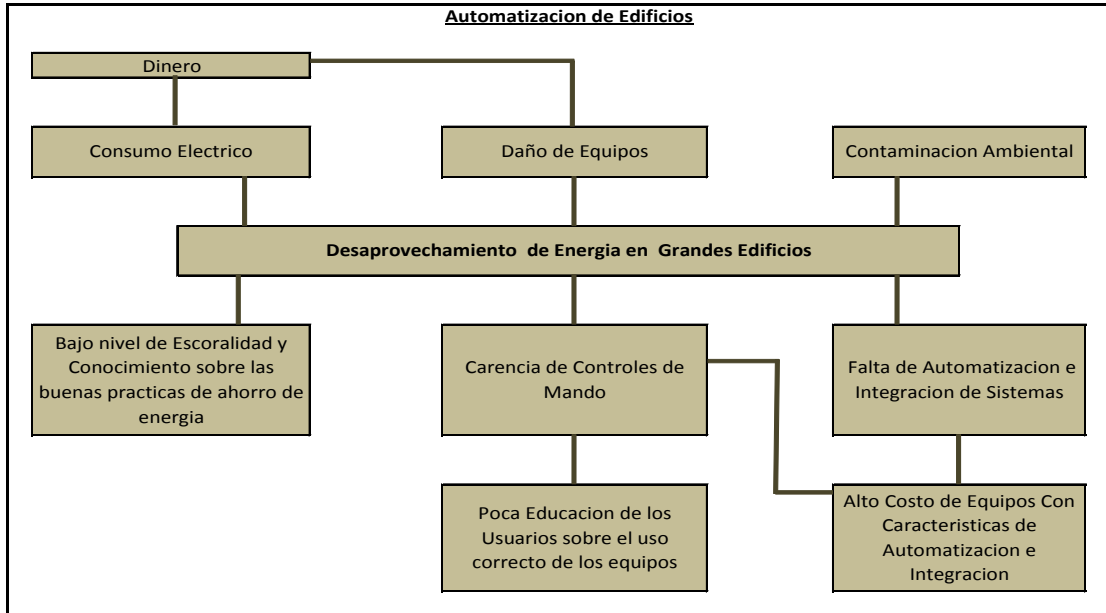
8. Juan Manuel Hernandez Soriano, J. F. (2010, abril 1). *Sistemas de Control para la Automatizacion de Edificios Inteligentes*. Mexico D.F., Mexico: Instituto Politecnico Nacional.
9. Kirschning, I. (1992, junio 1). *Edificios Inteligentes*. Puebla, Mexico: Universidad de las Americas.
10. Lourdes del Pilar Freire Villagran, M. M. (2008, julio 1). *Propuesta de Diseño de un Edificio Inteligente para la Escuela Politecnica del Ejercito Sede Latacunga*. Latacunga, Ecuador: Escuela Politecnica del Ejercito.
11. Molina, P. (n.d.). *[http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/index.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/index.htm)*. Retrieved from *[http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/index.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/index.htm)*
12. Quiroga, J. I. (n.d.). *Uvigo*. Retrieved from *[http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1567/ISAD\\_Tema6.pdf](http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1567/ISAD_Tema6.pdf)*
13. Salcedo, J. F. (2008, enero 1). *Integracion de los Sistemas de Automatizacion de Edificios Comerciales Mediante Tecnologia BACNET*. Sangolquí, Ecuador: Escuela Politecnica del Ejercito.
14. Torres, A. E. (n.d.). *Revista Universitario UNAM*. Retrieved from *<http://www.revista.unam.mx/vol.1/art3/edificios.html>*

15. Vildósola, E. (n.d.). *Asociacion de la Industria Electrica-Electronica de Chile*. Retrieved from <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>





## ANEXO



## ANEXO II

Tema de Investigacion	Preguntas	Objetivos	Variables	Plan de Accion
Automatización e Integración de Sistemas en Edificios para la Optimización del Consumo de Energía.	<i>Central</i>	<i>Central</i>	<i>Central</i>	<i>Central</i>
	¿Como puedo ahorrar ò optimizar el consumo de energia en el funcionamiento del edificio?	Diseñar de Forma adecuada la Automatización e Integración de los diferentes sistemas que intervienen en el funcionamiento de los edificios.	Energia Consumida Sistemas Integrados	Automatizar cada sistema que interviene en el funcionamiento del edificio de una forma correcta e adecuada y Integrarlos con el resto de sistemas para que todos operen con una misma meta ò objetivo
	<i>Especificas</i>	<i>Especificos</i>	<i>Especificos</i>	<i>Especificos</i>
	¿Qué beneficios obtendré de la Automatizacion e Integracion de los Sistemas del Edificio?	Reducir el Consumo de Energía en el funcionamiento del edificio Aprovechar de una mejor manera los recursos disponibles para el funcionamiento del edificio	Costo de la Facturacion de Electricidad Cantidad de Puntos para poder explotar la energia ambiental	Configurar los distintos sistemas para que operen solo cuando realmente sea necesario. Aprovechar los distintos tipos de Energia ambiental ò de otros sistemas para cumplir con el funcionamiento del edificio.
	¿Hasta que nivel de Autonomia puedo llevar el funcionamiento del edificio?	Aumentar el Confort del edificio para los usuarios según sus actividades.	Reduccion de los tiempos de ejecucion de cada tarea en las distintas areas de trabajo	Diseñar la automatizacion e integracion acorde a las areas especificas de trabajo.
¿Que tipo de Control ò supervisión se tendrá sobre el sistema?	Controlar de forma adecuada las variables criticas de cada sistema	Disponibilidad de los parametros criticos de cada sistema	Diseñar la Parte Grafica de Control unicamente con las variables criticas de cada sistema.	

