DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ SOBRE C++ PARA CONTROL INALÁMBRICO DE LA ILUMINACIÓN DE UN EDIFICIO A TRAVÉS DE INTERNET 2 UTILIZANDO UN SISTEMA EMBEBIDO.

PROPONENTES

GONZALEZ CARLOS ENRIQUE
RAYO OLAYA JOHN EDINSON

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA ELECTRÓNICA

BOGOTA D.C.

2015

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ SOBRE C++ PARA CONTROL INALÁMBRICO DE LA ILUMINACIÓN DE UN EDIFICIO A TRAVÉS DE INTERNET 2 UTILIZANDO UN SISTEMA EMBEBIDO.

GONZALEZ CARLOS ENRIQUE
CODIGO 20031005051
RAYO OLAYA JOHN EDINSON
CODIGO 20042005084

TRABAJO DE TESIS

DIRECTOR

Ing. Msc Roberto Ferro Escobar

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA ELECTRÓNICA

BOGOTA D.C.

2015

Nota de Aceptación

Firma del Director del Proyecto

Firma del Revisor del Proyecto

Firma del Revisor del Proyecto

Bogotá, 28 de Octubre de 2015

A July a mis profesores y compañeros.
John Rayo.

A todos aquellos que con su ayuda me ayudaron a hacer cosas grandes, y a crecer en miles de aspectos.
Enrique González.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Con todo mi Corazón doy gracias al Dios vivo por proveer los recursos y colocar las personas adecuadas en los momentos indicados. Por darme inteligencia y sabiduría y de esta manera permitir que cumpla una meta personal. A mi familia (padres, tíos, hermanos y primos), que creyeron en mí, a pesar de las dificultades y de mi poca disciplina. A la mujer que amo por darme el ánimo suficiente para continuar y no abandonar el barco cuando parecía hundirse. A la Universidad distrital por ser parte de mi formación académica, a cada profesor que se tomó la tarea de guiarme a buen término y de hacer de mi un profesional en todo el sentido de la palabra, a mi director de tesis el ingeniero Roberto Ferro Escobar, que tuvo la paciencia de corregirme en momentos de terquedad y sobre todo por enseñarme que lo complejo puede ser más sencillo de lo que parece. A mi compañero de tesis Enrique Gonzales por persistir, insistir y nuca desistir en este proyecto de ser ingenieros. Al grupo LIDER en especial a Iván Camilo Ruiz y José Cruzado por el apoyo en la RED RITA en las últimas semanas. A todos mis más sinceras gracias.

Al profesor Roberto Ferro Escobar, por el tiempo y la ayuda brindada para lograr esta gran meta y a mi compañero de tesis John por el esfuerzo y las incontables horas para lograr este objetivo.

CONTENIDO

	Pagina
CONTENIDO	**6**
INTRODUCCIÓN	**15**
1. TITULO	**16**
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2 FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	16
1.3 JUSTIFICACIÓN	16
1.3.1 Técnica	16
1.3.2 Académica	17
1.3.3 Social	17
1.4 OBJETIVOS	17
1.4.1 General	17
1.4.2 Específicos	18
1.5 DELIMITACION DEL PROBLEMA	18
1.5.1 Alcances	18
1.5.2 Limitaciones	19
2. MARCO REFERENCIAL	**20**
2.1 ANTECEDENTES	20
2.1.1 BackBone	20
2.1.2 GigaPop	21
2.1.3 Internet 2	22
2.1.4 Fuentes lumínicas	35
2.1.5 Mecanismo de control	42
2.1.6 Tipos de control	45
2.1.7 Topologías de Control	45
2.1.8 Criterios de control	47
2.1.9 Grados de Automatización	49
2.1.10 Aplicaciones similares	49
56	
2.2 MARCO TEORICO	59
2.2.1 Historia de la domótica	59
2.2.2 Domótica	60
2.2.3 Viviendas inteligentes.	72
2.2.4 Iluminación	74
2.2.5 Diseño de interfaces	78
2.2.6 Diseño centrado en el usuario	80

2.3 MARCO LEGAL Y NORMATIVIDAD 84
2.3.1 IEEE 802.11 84
2.3.2 Conceptos Generales 84
2.3.3 Protocolos 84

3. METODOLOGIA 94

3.1 TIPO DE INVESTIGACION 94
3.2 RESULTADOS Y DISCUSION 94

4. PROPUESTA FINAL 104

4.1 DISEÑO 104
4.2 DISEÑO DEL SERVIDOR 105
4.2.1 Sistemas Operativos. 107
4.2.2 Proceso de Instalación de sistema operativo. 107
4.2.3 Programas 108
4.2.4 Puerto Serial 109
4.2.5 Función en Python 110
4.2.6 Página en PHP 110
4.2.7 Configuración Ipv6 111
4.3 MODULO DE COMUNICACIÓN. 112
4.3.1 Transceptor 112
4.3.2 Modulo de recepcion 113
4.3.3 Modulo de emision 114
4.4 ETAPA DE POTENCIA 115
4.5 INTERFAZ HUMANO-MAQUINA 117
4.6 DISEÑO CON VEINTE CARGAS TEORICAS 117
4.7 PRUEBAS DE LA APLICACIÓN Y HARDWARE 118
4.7.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS 119
4.8 ANALISIS DE RESULTADOS 123

5. CONCLUSIONES 124

RECOMENDACIONES 125

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA 126

Anexo A: Emisor: 123
Anexo B: Página en PHP 124
Anexo C: Receptor 128
Anexo D: Código Pitón 130

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1 Canales y frecuencias	91
Tabla 2 Canales y frecuencias 802.11.a	91
Tabla 3 Costos módulo de Potencia	96
Tabla 4 Costos módulo de recepción y control	96
Tabla 5 Costos módulo de emisión	96
Tabla 6 Costos módulo	97

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1 Logo Internet 2	22
Figura 2 Logo Red Clara	28
Figura 3 Backbone Red Clara	30
Figura 4 Logo Renata	31
Figura 5 Logo Radar	32
Figura 6 Logo Rescar	32
Figura 7 Logo Ruana	32
Figura 8 Logo Red Universitaria de Alta Velocidad del Valle del Cauca	33
Figura 9 Logo Red Universitaria Metropolitana de Bogota	33
Figura 10 Asociación Red Universitaria de Popayán	33
Figura 11 Logo Red universitaria de tecnología avanzada del caribe	34
Figura 12 Corporación Red de Instituciones de educación, Investigación y desarrollo del oriente colombiano	34
Figura 13 Lámpara incandescente	36
Figura 14 Lámpara Halógena	36
Figura 15 Lámpara fluorescente compacta	37
Figura 16 Iluminación de Leds	38
Figura 17 Tubo fluorescente	39
Figura 18 Lámparas de Ioduro metálico	39
Figura 19 Baja Presión/LPS/SOX	40
Figura 20 Alta presión/ HPS/ SON	41
Figura 21 SON Blanco	41
Figura 22 Reguladores de triac y tiristor (borde de entrada)	43
Figura 23 Atenuador de transistor (borde de salida)	44
Figura 24 Topología aislada	45
Figura 25 Topología distribuida	45
Figura 26 Topología centralizada	46
Figura 27 Consumo según el horario	46
Figura 28 Consumo según programación horaria	47
Figura 29 Consumo por presencia	47
Figura 30 Consumo por aprovechamiento luz diurna	48
Figura 31 Consumo por ajuste del nivel dependiendo de la actividad	48
Figura 31 Representativo consumo por consideración de usuario y de entorno	48
Figura 32 OccuSwitch wireless de Philips	49
Figura 33 Esquema de conexión de red	49
Figura 34 Esquema de conexión a línea	49
Figura 35 Aplicación TST	50
Figura 36 Diagrama de soluciones con KNX	51
Figura 37 Oficinas principales Schattdecor. Thansau, Alemania	52
Figura 38 Red implementada con KNX	52

Figura 39 Casa con sistema Loxone instalado 54
Figura 40 Encelium 55
Figura 41 Esquema de una casa conectada a la red 70
Figura 42 Infraestructura hogar domótico 71
Figura 43 Sistema X-10 76
Figura 44 El sistema EIB 77
Figura 45 Sistema domótico centralizado para vivienda inteligente 82
Figura 46 Naturaleza de la luz 84
Figura 47 Clasificación por flujo luminoso 85
Figura 48 Tipos de Iluminación artificial 86
Figura 49 Distribución espacial de flujo luminoso 86
Figura 50 Metodología Diseño Centrado en el Usuario 90
Figura 51 Esquema base para el encendido de una luz alambricamente 98
Figura 52 Infraestructura del proyecto 98
Figura 53. Diagrama de bloques del modelo B 100
Figura 54 Localización de cada uno de los componentes en la Raspberry 100
Figura 55 Selección de Embebido 103
Figura 56 Configuración de puerto 104
Figura 57 Comprobación de puerto 104
Figura 58 Comprobación de archivos de puerto 105
Figura 59 Configuración IPV4 106
Figura 60 Configuración IPV6 106
Figura 61 Estructura de RITA y CECAD 107
Figura 62 Transceptor y Arduino para recepción 108
Figura 63 Transceptor y Arduino para recepción 113
Figura 64 Transceptor y Arduino para emisión. 114
Figura 65 Etapa de Potencia circuito realizado en Proteus y baquela 115
Figura 66 Interfaz humano-maquina. 117
Figura 67 Prueba IPV6 118
Figura 68 Prueba IPV4 118
Figura 69 IFCONFIG 119
Figura 70 Pagina WEB 119
Figura 71 Pagina CONTROL WEB 119
Figura 72 error de conexión 120
Figura 73 Prueba Python 121
Figura 74 Prueba de encendido 121
Figura 75 Luminosidad progresiva 122
Figura 76 Prueba final 122

TABLA DE ANEXOS

Pag
Anexo A. Código Emisor……. .15
Anexo B. Código Página en PHP. ……...… 21
Anexo C. Código Receptor...……..……...…… 23
Anexo D. Código Python ……...……...24

RESUMEN

Nuestro trabajo de grado trata del diseño e implementación de una interfaz sobre C++ para el control inalámbrico de la iluminación de un edificio a través de Internet 2 utilizando un sistema embebido. Para lograr este objetivo generamos una interfaz en HTML, y mediante el uso de una función en PHP, que ejecuta una instrucción en Python para transmitir la señal que controlaría las luces. Para ello utilizamos un servidor en una Rasberry Pi, y usamos un Arduino uno junto a un transductor, para realizar la transmisión inalámbrica, en el módulo del receptor tenemos un Arduino nano, que es el encargado de recibirla señal e interpretarla, y a partir de ello controlar la parte de potencia. Este modelo de Arduino nano, y parte de potencia, lo replicamos en dos ocasiones para así obtener las tres luces que deseamos controlar en la práctica. La programación en los microcontroladores la realizamos en C++.

Palabras Clave: Microcontrolador, Rasberry, Arduino, Domótica.

ABSTRACT

Our thesis is the design and the implementation of one wireless interface over C ++ to control the lights of a building in the Internet 2 using an embedded system. To achieve this goal we create an interface in HTML, and using a function in PHP, that executes an instruction in Python to start the transmission of a control signal that would turn off or turn on the lights. We use a server on a Rasberry Pi, and use an Arduino one with a transducer, for the wireless transmission, the receiver module have a Arduino Nano, that receives the signal and translate it to control the power section. This model of Arduino Nano, and part of power, was use twice to obtain the three lights that we want to control in practice. Microcontrollers were programming in C ++ to obtain the goals of this project.

INTRODUCCIÓN

La teleinformática y las redes de comunicaciones son áreas inmensas donde se puede desempeñar un Ingeniero Electrónico.

El desarrollo de diferentes tecnologías y aplicaciones, que beneficien a la sociedad, en áreas como la industria y la academia, que potencian diferentes proyectos, que se basan en la Ingeniería Electrónica y otras áreas del conocimiento, con las que poseemos sinergia, es vital para mejorar la calidad de vida. La Universidad Distrital como una fuente de desarrollo y de conocimiento puede intercambiar este saber con diferentes redes académicas, y empresas teniendo como principal objetivo el desarrollo.

Por este motivo, con la idea de ayudar, y recibir soporte de esta red de conocimiento a la que hace parte la universidad, surge la idea de este proyecto, para aprovechar redes más complejas y enfocadas a aplicaciones.

Internet 2 es una red mas compleja que tiene varias ventajas, y un desarrollo constante, razón por la que empezar a trabajar con ella es vital. El mundo ha avanzado bastante siendo necesario el diseño e implementación de nuevas interfaces, sobre diferentes lenguajes, en el caso de este proyecto seria C++. Además de lo antes mencionado también hay una creciente tendencia al uso de sistemas embebidos para diversas aplicaciones, haciendo que cada diseño sea efectuado a medida. También el desarrollo de protocolos y de tecnologías que sean más prácticas y cómodas, como es el caso del manejo inalámbrico de dispositivos. Siendo igualmente necesario un diseño para el manejo de la parte de potencia.

El proyecto reunirá toda esta temática, desarrollando una interfaz sobre C++, para controlar inalámbricamente la iluminación de un edificio. Siendo posible controlarlo desde Internet 2, o en el mismo sitio, accediendo a esta interfaz que esta alojada en una dirección IP fija, y permitiendo la conexión de dispositivos inteligentes. Por ello es necesario aprender a manejar y controlar dispositivos que nos permitan tener un mejor manejo de una red local, y de los dispositivos conectados a ella. De manera que este es el origen y la motivación de la realización de este trabajo, la integración de diferentes temáticas actuales que son una forma aplicada de la Ingeniería Electrónica.

1. TITULO

Diseño e implementación de una interfaz sobre c++ para control inalámbrico de la iluminación de un edificio a través de Internet 2 utilizando un sistema embebido.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado el avance de nuevas tecnologías de la información, y desarrollo sobre diferentes dispositivos electrónicos, y su interacción con Internet, y de desarrollos sobre redes alternativas, que se enfocan mas en aplicaciones mas especificas en la academia y en la Industria, como es el caso de Internet 2, y de la necesidad de generar entornos amigables al usuario para el control de sistemas complejos. Es en ese momento cuando surge la necesidad de implementar, y diseñar no solo la conexión a la red de Internet 2 sino el control de dispositivos que interactúan con un entorno y el usuario usando aplicaciones alojadas en Internet.

De similar manera se plantea la necesidad de generar documentación y aplicaciones, con características sencillas para su aplicación en futuros proyectos, y la comprensión detallada de estas aplicaciones, su análisis, y hacer de ellos una herramienta útil para la solución de problemas complejos.

1.2 FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

En este orden de ideas, se genera la siguiente pregunta de investigación que define y delimita el problema por atender:

¿De qué forma es posible realizar el diseño y la implementación de una interfaz que conectada a Internet 2 nos permita realizar el control de la iluminación de un edificio desde cualquier dispositivo inteligente, y mediante la utilización de un sistema embebido que nos permita una conexión más sencilla de los dispositivos que deseamos controlar?

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Técnica

Este trabajo de grado desea generar la documentación del diseño y la implementación de una interfaz en C++, que conectándose con Internet 2, sea capaz mediante un sistema embebido realizar el control de la iluminación con varios dispositivos que se

comunicarían inalámbricamente con el sistema embebido, dicha aplicación seria accesible desde varios dispositivos inteligentes.

Para realizar este objetivo los lineamientos para el proceso de Implementación en primera instancia de la interfaz que se realizaría en C++, con un sistema embebido, que permite con la adición de un accesorio realizar la conexión inalámbrica, y el control de la comulación de las diferentes luces mediante un microcontrolador, y el desarrollo de los drivers de potencia, para una carga que seria bombillos incandescentes

1.3.2 Académica

El trabajo presente da una base para trabajos futuros en los que se podría utilizar un sistema embebido o se necesitaría una conectividad con Internet 2, el desarrollo de una interfaz para realizar un control de tipo específico, con otros dispositivos diferentes a los aquí mencionados. Al igual que fomenta el uso de otros dispositivos embebidos mas específicos para aplicaciones en particular que necesitan un diseño a medida permitiéndonos participar en proyectos de mayor envergadura, y elevando el nivel académico al utilizar dispositivos de ultima tecnología, que nos permiten ser mas competitivos en el mercado, ayudando en estos aspectos a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

1.3.3 Social

El aporte del trabajo esta en la integración con una red de gran desarrollo como lo es Internet 2, aportando y recibiendo soporte de esta red, para empezar a desarrollar aplicaciones mas complejas, con centros de investigación y desarrollo no solo en áreas académicas sino industriales. Y también ayudando a mejorar la calidad de vida de las personas que pueden mejorar sus entornos a su gusto y comodidad, siendo un interesante puente entre los usuarios finales, la academia y la industria.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

Diseñar e Implementar una interfaz en C++ que permita hacer el control en la iluminación de un edificio, mediante el uso de un sistema embebido, que se comunicaría inalámbricamente con la iluminaría. Y la interfaz permitiría su acceso desde Internet 2.

1.4.2 Específicos

- Diseñar e implementar la interfaz de control en C++ en una dirección IP fija, y con acceso a través de Internet 2.
- Diseñar el control que se utilizara en el sistema embebido para realizar la comunicación vía inalámbrica con veinte cargas teóricas.
- Diseñar e implementar el sistema de potencia que se utilizaría para encender la iluminaría de una manera adecuada.
- Diseñar e implementar una estructura adecuada, para el control de la interfaz humana-máquina que se pueda utilizar desde diferentes dispositivos inteligentes, como computadores, teléfonos inteligentes o tablets.
- Comprobar el funcionamiento del sistema completo tanto de la aplicación como de la programación del sistema embebido.
- Elaborar la documentación correspondiente a los procesos de montaje, configuración e implementación de los dispositivos utilizados en el proyecto.

1.5 DELIMITACION DEL PROBLEMA

1.5.1 Alcances

El presente trabajo genera el diseño, implementación y documentación de una interfaz en C++ que permite hacer el control en la iluminación de un edificio, mediante el uso de un sistema embebido, y con una aplicación a la que se puede acceder a través de Internet 2.

Cumplirá con la emulación teórica de veinte iluminarías, y el control real de tres iluminarías. Suplirá las necesidades correspondientes al control y acceso a través de Internet 2. Se utilizara un sistema embebido para la conectividad inalámbrica.

La idea es realizar el control desde un sitio diferente a donde se encuentran las iluminarías. La aplicación se encontrara alojada en una dirección IP fija, y tendrá una interfaz de control humano-maquina que permitirá el acceso desde diferentes dispositivos inteligentes, como computadores, telefotos inteligentes o tablets, los cuales pondrán acceder desde Internet 2 o vía inalámbrica. .

Las iluminarías serian en este caso bombillos incandescentes dando la posibilidad para proyectos futuros, del planteamiento del manejo de iluminarías mas complejas como las que son capaces de soportar sistemas como LONWORK, o LUXONE. Los cuales ya permiten realizar cambios en el estado, la cantidad de iluminación y color de la misma.

Se diseñara la parte de potencia, para encender los bombillos incandescentes de una manera adecuada.

1.5.2 Limitaciones

Las principales limitaciones están dadas por el número y tipo de cargas usadas. El tipo de control dado sobre la iluminación. Se tendrán en cuenta también las características dadas por el fabricante de cada uno de los dispositivos utilizados, para que sean utilizados los necesarios para el diseño completo y en funcionamiento del proyecto.

Se tendrán en cuenta en ese caso los estándares de comunicación, y recomendaciones de fabricante, para el desarrollo de los objetivos específicos de este proyecto.

Finalmente el proyecto estará sujeto a modificaciones específicas, que abordarán a la medida que avance el proyecto, debido a las limitaciones técnicas, necesidades, sugerencias o imprevistos, que sean detectados por nuestra parte, o por parte del director del trabajo de grado. Estas modificaciones serán sustentadas debidamente, sin desviarnos de los objetivos principales de este proyecto.

2. MARCO REFERENCIAL

2.2 ANTECEDENTES

2.2.1 BackBone

La palabra backbone se refiere a las principales conexiones troncales de Internet. Está compuesta de un gran número de routers comerciales, gubernamentales, universitarios y otros de gran capacidad interconectados que llevan los datos a través de países, continentes y océanos del mundo mediante cables de fibra óptica Parte de la extrema resiliencia de Internet se debe a un alto nivel de redundancia en el backbone con los proveedores Tier los cuales están muy regulados y al hecho de que las decisiones de encaminamiento IP se hacen y se actualizan durante el uso en tiempo real. El término backbone también se refiere al cableado troncal o subsistema vertical en una instalación de red de área local que sigue la normativa de cableado estructurado.

Cronología El backbone original de Internet fue ARPANET.

En 1989 se creó el backbone NSFNet. El ejército de los Estados Unidos de América se separó, creando la red MILNET, y ARPANET se cerró.
Un plan fue desarrollado para primero expandir más la red NSFNet, antes de convertirlo en obsoleto, creando una nueva arquitectura de red basada en un encaminamiento descentralizado.
Con el retiro del backbone de Internet de la NSFNet el 30 de abril de 1995, Internet a partir de ahora consiste enteramente de varios ISPs comerciales y redes privadas (así como redes entre universidades), conectadas a puntos de peering.
El término backbone de Internet suele referirse a los enlaces entre proveedores y puntos de peering. Sin embargo, con el uso universal del protocolo de encaminamiento BGP, Internet funciona sin ninguna red central.
Con la llegada de la burbuja de los “.com” de 2002, un número grande de empresas de telecomunicaciones se vieron amenazadas por la bancarrota, y algunas quebraron completamente: por ejemplo, la red EBONE desapareció completamente. Ésta fue una prueba exitosa del nivel de tolerancia de errores y redundancia de Internet.

- **Visión general**

La "columna vertebral" de Internet consiste en muchas redes diferentes. Normalmente, el término se usa para describir grandes redes que se interconectan entre ellas y pueden tener ISPs individuales como clientes. Por ejemplo, un ISP local puede proporcionar servicio para una única ciudad, y conectar a un proveedor regional que tiene varios
ISPs locales como clientes. Este proveedor regional conecta a una de las redes del backbone, que proporciona conexiones a escala nacional o mundial.

Estos proveedores backbone normalmente proporcionan instalaciones de conexión en muchas ciudades para sus clientes, y ellos mismos conectan con otros proveedores backbone en IXPs (Internet Exchange Point) como el CATNIX de Barcelona, el ESPANIX de Madrid o el GALNIX de Santiago de Compostela. El más grande de estos IXP en términos de tasa de transferencia y rutas accesibles es el ChtIX en Roubaix Valley, Francia.

- **Quienes lo implementan**

La redes de backbones suelen implementarlas entes comerciales, educativos o gubernamentales, como redes militares. Algunas grandes compañías que proporcionan conectividad backbone son UUnet (ahora una división de
Verizon), British Telecom, Telefónica, Level (3), Hurricane Electric, Cogent Communications, AT&T, Sprint Nextel, OVH, France Télécom, BSNL, Teleglobe, Qwest y Savvis. En América Latina, entre otros, se puede encontrar IMPSAT, TELECOM y G&DCOM.

- **Tipos de Backbone**

Existen 2 tipos: cascada (cascadeado) y colapsado. En el primero, todos los puestos de trabajo (host, terminales) están conectados a un enlace troncal con el cuarto de equipos (ER); esta arquitectura es casi obsoleta y genera mucho tráfico innecesario en la red. En el colapsado existen varios tramos que salen del ER, permitiendo una mejor distribución de servicios, sin saturar ningún sector de la red y dando una mejor calidad de señal a los tramos lejos al ER.

2.2.2 GigaPop

- **Definición**

El GigaPop (*gigabit Point of Presence*) es un punto de acceso a Internet que admite, al menos, una conexión de un gigabit por segundo. Son los encargados de enrutar el tráfico en redes de alta velocidad, además puede dar preferencia al tráfico y debe suministrar la seguridad requerida por algunas aplicaciones.
A los GigaPops se conectan las redes académicas y otras redes que tengan acceso a la red de alta velocidad, por tanto, se puede decir que son el principio y el final de la red.
Los Gigapops se han de conectar a otros GigaPops para dar servicio y deben colaborar entre ellos para alcanzar el ancho de banda deseado y demás objetivos, además los paquetes perdidos tanto dentro del GigaPop como en su viaje a través de la red, debe ser muy próximo a cero.
Algunos GigaPops disponen de backbones que se encargan de conectar las redes de alta velocidad con Internet.

- **Tipos**

Se pueden distinguir dos tipos de GigaPops:
• Tipo 1: Permite el tráfico sólo entre miembros de la misma red.
• Tipo 2: Permite el tráfico entre su propia red y otras de alta velocidad, así como con Internet**.**

2.2.3 Internet 2 [1]

Figura 1 Logo Internet 2

Fuente tomada de: http://www.internet2.edu/

Internet2 es un consorcio sin ánimo de lucro, que desarrolla aplicaciones y tecnologías de redes avanzadas, la mayoría para transferir información a alta velocidad. Es llevado por 212 universidades de Estados Unidos y 60 compañías tecnológicas como Cisco Systems, Sun Microsystems, Microsoft, Intel, AMD, y Comcast.

Es una red telemática desarrollada por universidades estadounidenses, construida en fibra óptica y que permite altas velocidades con una gran fiabilidad. Algunas de las tecnologías que han desarrollado han sido IPv6, Calidad de Servicio (QoS) e IP Multicast. En el proyecto de Internet2 su principal misión es facilitar y coordinar el desarrollo, funcionamiento, transferencia tecnológica de servicios y despliegue, de aplicaciones de red avanzadas.

Se debe tener presente que "Internet2" se refiere tanto a una red como a una organización. Como organización se refiere al Consorcio Internet2. Es la forma más veloz jamás inventada hasta el actual 2015, Sirve para una comunicación mucho más fácil de los usuarios además. Con el fin de ampliar y acelerar la disponibilidad de nuevos servicios y aplicaciones en Internet, para generar avances en el campo de la investigación y de la educación superior.

[1] Internet 2 (2015) Recuperado de http://www.internet2.edu/

- **Características**

Internet comercial actual se encuentra separa de Internet 2 que es una red de cómputo avanzada con mayores capacidades.

El backbone de Internet2 supera los 2 Gbps, y las conexiones de las universidades a este backbone varían entre 45 Mbps y 622 Mbps, esta compuesto por las redes Abilene y vBNS.

Las velocidades mínimas son:
• 50 Mbps para usuario particular.
• 622 Mbps para miembro de Internet 2 (socios y universidades).

El uso de Internet como herramienta de investigación científica y educativa, ha crecido aceleradamente debido a sus varias ventajas como el poder de compartir información entre colegas y poder acceder a grandes bases de datos, además de facilitar la coordinación de grupos de trabajo.[2]

Para conectarse a Internet2 se necesita que tu red de alta velocidad esté conectada a un GigaPop de Internet2; puedes conectarte a través de Internet usando un backbone.

El espíritu de colaboración entre las universidades de diferentes países, es el espíritu de Internet 2, su objetivo principal es desarrollar aplicaciones telemáticas de mayor nivel para facilitar el desarrollo de los objetivos de investigación y educación de las universidades, ayudando a un mejor uso y a la formación de personal capacitado en el manejo de redes avanzadas de cómputo

Las aplicaciones en Internet 2 se desarrollan con tecnología que no se encuentra disponible en el Internet actual en ámbitos como visualización de modelos 3D, la telemedicina, laboratorios virtuales, bibliotecas digitales, manipulación a distancia y otras diversas aplicaciones. La investigación, enseñanza, interconexión, colaboración, y aprendizaje, pueden requerir altas conexiones de banda ancha en tiempo real. Se han desarrollado otras aplicaciones para entornos de alta velocidad como los laboratorios virtuales (LAV), la telemedicina y teleinmersión. La infraestructura básica de Internet2 también soporta aplicaciones, conocidas como Learning–ware.

Las grandes redes de estas tecnologías se conectan entre si, generando una gran red de alta velocidad con cobertura mundial y de tecnología avanzada. Esta red esta compuesta por CA*net3, Internet2, GEANT, TEN-155 y APAN, para el caso de Canada, USA Europa y Asia.

[2] Tecnologias 2 (2015). Recuperado de: http://jorge2377.blogspot.com.co/2013/11/internet-2-y-metabuscadores.html

En el caso de Latinoamérica, las redes académicas: REUNA, RETINA, CUDI, que son correspondientes a Chile, Argentina, y México que ya se han integrado a Internet2.

- **Historia**

Internet2 fue lanzado el 1 de octubre de 1996, idea que finalmente designo un camino para entrar en el Internet global comercial. Empezó con 34 investigadores universitarios, quienes se reunieron para establecer este proyecto que ayudaría a la investigación y educación.

En 1997, Canadá se convirtió en el primer socio internacional de Internet2 igualmente CISCO llega a ser el primer Socio Corporativo contó con 123 Universidades Miembro y 6 Miembros Corporativos. [3]

En 1998, fue anunciado en la Casa Blanca por el Vicepresidente de Estados Unidos Al Gore y contó con 30 Miembros Corporativos, 22 Miembros Afiliados y 123 Universidades Miembro. [4]

En 1999, contó con 54 Miembros Corporativos, 27 Miembros Afiliados y 168 Universidades Miembro. [5]

En el año 2000, contó con 54 Miembros Corporativos, 27 Miembros y 182 Universidades Miembro. Por primera vez se empleo para observatorios astronómicos; con una capacidad de 45 Mbps, el nuevo enlace hizo posible a los astrónomos alrededor del mundo usar remotamente telescopios localizados en Hawaii. Se fundo un grupo de trabajo llamado Internet2 Voice over IP (VoIP), para trabajar en las comunicaciones de voz. Su mayor logro fue romper un récord de velocidad al transferir 831 Mbps de datos desde Redmond, Washington, hasta Arlington, Virginia (5,526 Km.) en menos de 82 segundos, logrando el primer Récord de Velocidad por Tierra. [6]

Para el año 2001 contó con 74 los miembros corporativos, 42 miembros afiliados y 188 Universidades miembro. Se hicieron conexiones a la red global IPv6 versión 6 del protocolo de Internet, que nos permite un aumento en el espacio de direcciones, que cambia de 32 bits que se tenían con IPv4, a 128 bits que son las que nos brinda IPv6. [7]

---

[3] History of all thing technology (2015) Recuperado de http://zeraya.com/history-of-internet2-the-first-10-years/
[4] History of all thing technology (2015) Recuperado de http://zeraya.com/history-of-internet2-the-first-10-years/
[5] History of all thing technology (2015) Recuperado de http://zeraya.com/history-of-internet2-the-first-10-years/
[6] History of all thing technology (2015) Recuperado de http://zeraya.com/history-of-internet2-the-first-10-years/
[7] History of all thing technology (2015) Recuperado de http://zeraya.com/history-of-internet2-the-first-10-years/

En 2002 contó con 60 miembros corporativos, 47 miembros afiliados y 197 Universidades miembro, se obtuvo un Récord de Velocidad por Tierra de IPv6, cuando se transfieren 3.47 gigabytes en 3000 millas (4810 kilómetros) de red desde Eugene, Oregon, hasta Syracuse, New York, en una hora, siendo este el primer record. [8]

En 2003, contó con 64 miembros corporativos, 40 miembros afiliados, y 203 Universidades miembro. Nuevamente se logra romper el record anterior de velocidad por Tierra, logrando un promedio de 5.44 gigabits por segundo.[9]

En el año 2004 contó con 77 miembros corporativos, 45 miembros afiliados, y 205 Universidades miembro. Se cuadruplicó la capacidad de la red de 2.5 Gigabits por segundo (Gbps) a 10 Gbps. Con el lanzamiento de Internet2 Commons, se podían ofrecer servicios de videoconferencias, por el desarrollo que se tenia de comunicación en tiempo real, [10]

En 2005, contó con 72 miembros corporativos y 44 miembros afiliados y 205 Universidades miembro.
En el año 2006 se celebraron en Chicago, 10 años desde el lanzamiento de Internet2 en el año de 1996.[11]

En la actualidad están conectadas 212 universidades miembro, ofreciendo redes avanzadas en todo el mundo a través de sus diferentes contactos y socios internacionales, y con altas velocidades de transmisión.

- **Miembros de Internet 2**

El resumen de miembros y socios de Internet2 hasta julio de 2008 se muestra a continuación[12]:

- 282 Universidades Miembro estadounidenses
- 86 Corporaciones lideres Socios Internacionales
- 66 Miembros Afiliados
- 42 Redes de educación regional y estatal.
- Mas de 65 redes de investigación y educación presentes en más de 100 países.

More than 65 national research and education networking partners representing over 100 countries

[8] Wikipedia (2015) Recuperado de : https://en.wikipedia.org/wiki/Internet2#History
[9] History of all thing technology (2015) Recuperado de http://zeraya.com/history-of-internet2-the-first-10-years/
[10] History of all thing technology (2015) Recuperado de http://zeraya.com/history-of-internet2-the-first-10-years/
[11] History of all thing technology (2015) Recuperado de http://zeraya.com/history-of-internet2-the-first-10-years/
[12] Internet2 (2015). Recuperado de: http://www.internet2.edu/about-us/

Internet 2 tiene entre sus miembros con: NASA Goddard Space Flight Center, NASA - Jet Propulsion Lab, The World Bank Group, Cisco Systems, IBM Corporation, Verizon Enterprise Solutions Inc, Microsoft, EBSCO Information Services, Red Hat Inc, Time Warner.[13]

GSFC Science and Engineering Network

Además de esto tiene doscientas ochenta y dos universidades estadounidenses como miembros, teniendo entre ellas universidades destacables como: Princeton University, Harvard University, Yale University, Stanford University, University of Pennsylvania, California Institute of Technology (Caltech), MIT (Massachusetts Institute of Technology), Duke University, Columbia University y University of Chicago. Varias de las que están catalogadas entre las diez mejores de todo Estados Unidos.[14]

Los miembros de Internet 2 son más de trescientas instituciones, incluyendo organizaciones de red sin fines de lucro, universidades líderes de los Estados Unidos, agencias de investigación de gobierno y corporaciones.

Por una cláusula que se tiene las universidades no localizadas en los Estados Unidos no podrían llegar a ser miembros de Internet2. Se debe mencionar que son muchas, grandes y excelentes y aunque ninguna de ellas es miembro de Internet2 porque no es posible, han encontrado la manera de trabajar mediante su relación con socios internacionales quienes están también están dedicados a las redes avanzadas.

En ese caso una Universidad Internacional se podría conectar mediante un socio Internacional quien permitiría operar una red de alto desempeño. A través de la red Abilene muchas organizaciones o socios Internacionales se despliegan.

Con acuerdos mutuos y organizaciones similares alrededor del mundo, se han establecido lazos, que ayudan a asegurar la continua interoperabilidad global de redes avanzadas, y la colaboración entre facultades, estudiantes e investigadores alrededor del mundo.

- **Categorías de membresía y requerimientos.**

Internet2 tiene varias categorías de membresía que se definen por el tipo de organización. Esta estructura permite acoplarse mejor a los requerimientos únicos de cada grupo miembro.

- **Universidades miembro**

[13] Internet2 (2015). Recuperado de: http://www.internet2.edu/communities-groups/members/all/all/all/all
[14] Forbes. (2015) Recuperado de: http://www.forbes.com/top-colleges/list/4/#tab:rank

Esta compuesta por instituciones de educación superior que se encuentran ubicadas en los Estados Unidos y que lideran esfuerzos para desarrollar nuevas redes, aplicaciones avanzadas y tecnología.

Se necesita que estos miembros establezcan avanzadas redes con conectividad de un punto a otro entre y que pase a través de instituciones miembro y sitios de desarrollo relacionados. Para acceder a la red nacional de Internet2 es necesario que las universidades que son miembro se unan y formen una organización regional de integración, a menudo llamada un gigaPoP o Red Regional Óptica en ingles llamada RON abreviatura de Regional Optical Network.

Estos miembros se especializan en desarrollar aplicaciones avanzadas en redes para educación e investigación también crean un equipo de proyecto dentro de la organización para apoyar el desarrollo de aplicaciones. Las universidades miembro requieren también de una participación ejecutiva en el proyecto de manejo global de Internet2.

- **Miembros Afiliados**

Está compuesto por organizaciones sin ánimo de lucro que están orientadas a la o a la educación e investigación y que tienen un fuerte interés en la misión, y las metas de Internet2. Aquellas organizaciones sin fines de lucro deseosas de aplicar a un Estado de Sitio de Colaboración deben reunir los mismos requerimientos de las universidades miembros.

Su misión es promover el desarrollo y el despliegue de aplicaciones avanzadas de Internet además de servicios de red en un conducto de educación e investigación.

Esta compuesta por organizaciones sin animo de lucro que pueden ser: sub-estatales, estatales, o multi-estatales. Además de ello también debe apoyar a la comunidad educativa en un área geográfica relevante, incluyendo pero no limitado, el acceso a la infraestructura de la red nacional de servicios y de Internet2.

- **Miembros de red regional y educativa**

Bajo esta categoría están las organizaciones que no se conecten directamente a la Red de Internet2.

Su misión principal es la de proveer infraestructura de red y servicios principalmente para la educación e investigación.

La membresía está incluida en el pago de la conexión esto significa para organizaciones que tienen un acuerdo de conexión y que se conecten directamente a la Red de Internet2 una ventaja.

- **Miembros Corporativos**

Esta compuesta por socios y patrocinadores de Internet2 quienes hacen compromisos significativos para ayudar a las universidades de Internet2.

Están comprometidos a promover el desarrollo y expansión de aplicaciones de redes avanzadas y servicios.

- **Socios Corporativos de Internet 2**

Los Socios Corporativos proveen liderazgo y están comprometidos en la comunidad de Internet2 teniendo un rol activo en la infraestructura y en el desarrollo de aplicaciones avanzadas. Contribuyen con servicios y/o bienes en la cantidad de $1'000,000 ó más tienen una regulación a los miembros afiliados por tres años. Un ejemplo de estas contribuciones incluye la donación de equipos, la prestación de servicios o de recursos humanos.

- **Miembros Corporativos de Internet 2**

Los miembros corporativos participan en las actividades de Internet2, no es necesario que contribuyan con bienes y/o servicios. Sin embargo participan activamente, como principal motivación encuentran el unirse con otros miembros de Internet2 con una meta en común la transferencia de tecnología.

Tabla 1. Costos y pagos Anuales Miembros Internet 2 tomado de: http://www.internet2.edu/about-us/membership/#membership-dues

Nivel 1 categoría miembro	Cuota	Pago	Total
Alta educación	$ 33,600	$ 56,000	$ 89,600
Afiliado	$ 33,600	$ 26,000	$ 59,600
Industria	$ 33,600	$ 26,000	$ 59,600
"No-Conectado" (Afiliado e Industria)	$ 33,600	N/A	$ 33,600
Nivel 2 categoría miembro	**Cuota**	**Pago**	**Total**
Alta educación	$ 31,920	$ 24,700	$ 56,620
Nivel 3 categoría miembro	**Cuota**	**Pago**	**Total**
Alta educación			
Medicina especializada y sistemas de oficina.	$ 30,240	$ 23,400	$ 53,640

Investigación Doctoral	$ 22,680	$ 23,400	$ 46,080
Grandes programas de Maestría	$ 18,140	$ 23,400	$ 41,540
Redes de educación e investigación	$ 13,130	N/A	$ 13,130
Afiliado	$ 30,240	$ 23,400	$ 53,640
Industria	$ 30,240	$ 23,400	$ 53,640
"No-Conectado" (Afiliado e Industria)	$ 13,130	N/A	$ 13,130
Nivel 4 categoría miembro	**Cuota**	**Pago**	**Total**
Alta educación	$ 10,000	N/A	$ 10,000
Afiliado	$ 10,000	N/A	$ 10,000
Industria	$ 10,000	$ 23,400	$ 33,400
"No-Conectado" (Afiliado e Industria)	$ 2,500	N/A	$ 2,500

Fuente tomada de: http://www.internet2.edu/about-us/membership/#membership-dues

- **Internet 2 internacional**

Se sabe que Internet2 por las cláusulas que maneja no permite que ni organizaciones ni universidades fuera de los Estados Unidos puedan ser miembros de este Consorcio.
Sin embargo éste Consorcio tiene socios y redes internacionales.

El motivo por el que no lo permite es por la manera en la que fue concebido este proyecto, enfocándose en universidades estadounidenses, y con objetivos específicos para estas. Por este motivo no sirve en una manera efectiva a otras organizaciones, y universidades que se encuentra fuera de los Estados Unidos.

Hay un gran número de organizaciones de investigación y educación en otros países, con proyectos similares a Interent2, que son más eficientes para el desarrollo de proyectos con las organiza ciones locales.

Lo importante en ese caso es que Internet2 genere fuertes vínculos a iniciativas de redes avanzadas en el resto del mundo, y de esta manera asegurar la interoperatividad global de las nuevas tecnologías y aplicaciones en redes avanzadas que se generen.

- **Internet 2 en Latinoamérica y el caribe**

El contacto o socio de Internet2 para América Latina es la Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas (CLARA). Un objetivo de esta red es ser un sistema latinoamericano de colaboración de redes avanzadas de telecomunicaciones para la educación, investigación, e innovación.

Esta red es una organización internacional sin ánimo de lucro, creado en Julio de 2002[15], generándose debido a las conclusiones generadas en el taller de Toledo que convoco y se reunió en torno a las diferentes problemáticas de la conexión continental.

Se encuentran conectadas a esta red, las redes avanzadas de educación e investigación siguientes:

• Argentina
• Brasil
• Chile
• Colombia
• Ecuador
• El Salvador
• Guatemala
• México
• Panamá
• Perú
• Uruguay
• Venezuela

- **Red Clara**

Figura 2. Logo Red Clara

Fuente: Tomada de http://www.redclara.net 2015.

Red CLARA (Cooperación Latino Americana de Redes Avanzadas) es una corporación sin ánimo de lucro que desarrolla tecnologías y aplicaciones en redes académicas avanzadas, apoya el desarrollo de la innovación, educación e investigación, en América Latina.

La NEG de la Red CLARA es el encargado de la ingeniería y arquitectura, además de generar los diferentes procedimientos y tipos de enlace para el intercambio de tráfico.

[15] Red Clara. (2015). Recuperado de: http://www.redclara.net/index.php/somos/sobre-redclara/historia

Para asegurar altos niveles de interconexión, operación y rendimiento en la red es necesario el control, administración y monitoreo a diario, de todas las infraestructuras lógicas y físicas. Para ello se creó el centro de Operaciones de la Red (NOC)

Esta red interconecta redes académicas avanzadas de Latinoamérica con otras redes como lo son la red de Europa GÉANT2, APAN de Asia, Internet2 de Estados Unidos, y el resto del mundo, interconectando la comunidad científica global, en una infraestructura que permite la colaboración entre investigadores, científicos y académicos.

En 2004[16], esta red empezó a generar conectividad en la región interconectando redes de educación e investigación de América Latina, esto lo logro mediante los Puntos de Presencia (PoPs) que se establecieron en Argentina, Brasil, Chile, Panamá y México. Estos PoPs fueron luego conectados con GÉANT2 a con una tasa de transmisión de 622 Mbps y una conexión entre Madrid (España) y São Paulo (Brasil).

En 2007 Red CLARA sumó un sexto nodo a sus PoPs[17], esto se logró en Miami (Estados Unidos), y a este nodo se conectan las redes centroamericanas. Adicional a ello con el proyecto WHREN/LILA, la red se conectó con Estados Unidos, mediante los enlaces del nodo de Tijuana (México) con San Diego (California) y del de São Paulo con Miami.

Su infraestructura es de red telemática con el principal objetivo de conectar y permitir el desarrollo de redes nacionales de educación e investigación de latinoamericana. Estas redes las interconectan a través de un enlace trasatlántico con GÉANT y también a otras redes como AARNET, APAN, Canarie, Internet2, y UbuntuNet Alliance, entre otras.

Esta red ofrece servicios de Ancho de Banda a pedido (QoS), multicast, IPv4, multicast IPv6, IPv6, además de servicios especializados como Grids que son muy útiles para proyectos.

La red CLARA es una infraestructura ideal para el desarrollo de proyectos regionales e intercontinentales al igual que para el crecimiento de redes nacionales de investigación en Latinoamérica, con una gran capacidad de tráfico de datos.

Esta red es fundamental para la educación e investigación en América Latina: conecta a doce países a través del continente. Estimulando la cooperación regional, la promoción del desarrollo científico y tecnológico, y la integración directa con las comunidades científicas del mundo.

---

[16] RED CLARA (2015) Recuperado de: http://www.redclara.net/index.php/somos/sobre-redclara

[17] Evolución Red Clara (2015) Recuperado de: https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiXiMObvcvJAhUFXh4KHePHDRgQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fportal.oas.org%2FLinkClick.aspx%3Ffileticket%3DaSrfdKu2TDc%253D%26tabid%3D1559%26language%3Des-CO&usg=AFQjCNH_xhHYrNbKMaU3P6brfViakfdRGA&sig2=HEi4_0poC3c4Gtu9c8ou2Q

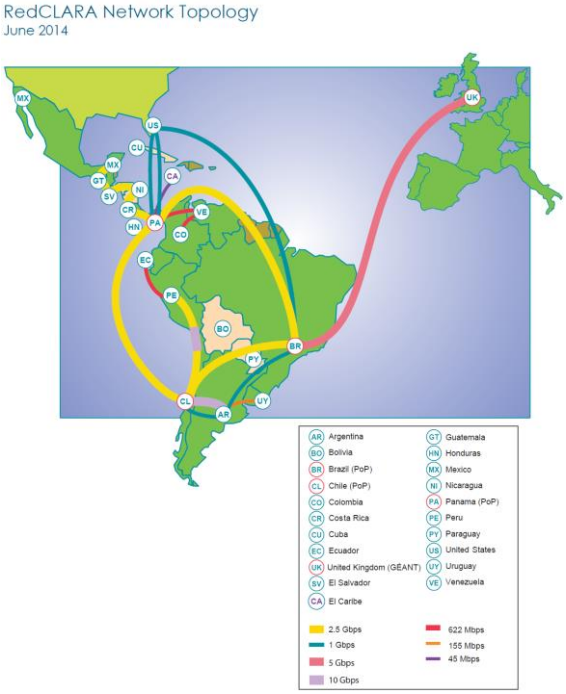
- **Miembros**

Son miembros de Red CLARA las siguientes redes nacionales de investigación y educación latinoamericanas:

• ADSIB, Bolivia (en proceso de conexión)
• ARANDU, Paraguay (en proceso de conexión)
• CEDIA, Ecuador (conectada)
• CONARE, Costa Rica (conectada)
• CUDI, México (conectada)
• CYT, Panamá (en proceso de conexión)
• INNOVA|RED, Argentina (conectada)
• RAGIE, Guatemala (conectada)
• RAICES, El Salvador (conectada)
• RAU2, Uruguay (conectada)
• REACCIUN, Venezuela (conectada)
• RENATA, Colombia (conectada)
• RNP, Brasil (conectada)
• REUNA, Chile (conectada)

- **Backbone de Clara**

Figura 3. Topología Red Clara



Fuente: Tomada de http://www.redclara.net/index.php/red-y-conectividad/topologia. 2015

- **RENATA**

Figura 4 Logo Renata

Fuente: Tomada de http://www.renata.edu.co 2015.

RENATA es la red que propicia y comunica con tecnología avanzada a los centros de investigación más prestigiosos del mundo y a las instituciones científicas y académicas de Colombia motivando la colaboración entre ellas, además de generar la interconexión con las redes académicas internacionales.

La red tiene como principal objetivo incrementar la calidad en los procesos y proyectos educativos. Estimular el desarrollo de proyectos de investigación, y promover el trabajo colaborativo entre pares nacionales y/o internacionales. Otro de sus objetivos es contribuir a la competitividad y el progreso del país, esto lo logra con la ejecución de proyectos de investigación, educación y desarrollo.

Esta red tiene el un gran poder sustentado en la colaboración y comunicación entre sus miembros. Además de basarse en pilares de desarrollo tecnológico e innovación brindando una alta calidad de servicio.

Esta red es administrada por la Corporación RENATA, y entre sus miembros contamos con el Ministerio de Comunicaciones, las Redes Académicas Regionales, el Ministerio de Educación y Colciencias.

- **RADAR Red académica de alta velocidad regional**

Figura 5. Logo Radar

Fuente: Tomada de https://www.renata.edu.co/

La Red Académica de Alta Velocidad Regional, RADAR, su área es la de la región centro occidental del país, su principal objetivo es la integración con los centros de investigación más prestigiosos del mundo, e integrar a las demás universidades del país con las universidades del eje cafetero, además de desarrollar y promocionar proyectos.

- **Red de Instituciones de Educación Superior de Cartagena de Indias**

Figura 6. Logo Riescar

Fuente: Tomada de http://riescar.org/ 2015

La Red de Instituciones de Educación Superior de Cartagena de Indias, RIESCAR, tiene su sede en Cartagena su principal objetivo es consolidar la integración y desarrollo de las Universidades en Cartagena, esto lo logra mediante estrategias que fortalecen la proyección social, la docencia, e investigación.

- **RUANA, Red Universitaria Antioqueña**

Figura 7. Logo Ruana

Fuente: Tomada de http://www.ruana.edu.co/

La Red Universitaria Antioqueña, RUANA, tiene su sede en la ciudad de Medellín, capital del departamento de Antioquia, su objetivo principal es el desarrollo de proyectos de desarrollo e investigación, estos proyectos son integrales, y ayudan al desarrollo del país siendo un referente investigativo y educativo de Colombia en el mundo. Tiene servicios a través de una red de alta velocidad que es compartido por las instituciones, también tiene programas educativos en modalidad virtual con alta calidad

- **RUAV, Asociación Red Universitaria de Alta Velocidad del Valle del Cauca**

Figura 8. Logo Asociación Red Universitaria de Alta Velocidad del Valle del Cauca

Fuente: Tomada de http://www.ruav.edu.co/ 2015

La Red Universitaria de Alta velocidad del Valle del Cauca, RUAV, tiene su sede en Cali,

Tiene como objetivo facilitar el desarrollo de proyectos interinstitucionales de y educación e investigación, promoviendo el intercambio de información entre centros de investigación y universidades que mejoran el desarrollo social y la competitividad para ello se apoya en el desarrollo de nuevas tecnologías de telecomunicaciones.

- **RUMBO, Red Universitaria Metropolitana de Bogotá**

Figura 9. Logo Red Universitaria Metropolitana de Bogotá

Fuente: Tomada de http://www.rumbo.edu.co/ 2015

La Red Universitaria Metropolitana de Bogotá, RUMBO, tiene como principal objetivo promover el trabajo de centros de investigación, instituciones miembros, y universidades prestigiosas del mundo. Además de ello reúne en una red de alta velocidad a las instituciones de educación superior de Bogotá y Cundinamarca.

- **Asociación Red Universitaria de Popayán**

Figura 10. Asociación Red Universitaria de Popayán

Fuente Tomada de https://www.renata.edu.co 2015

La Red Universitaria de Popayán (RUP) tiene su sede en la ciudad de Popayán en el departamento del Cauca. Esta enfocada al desarrollo educativo y científico de la sociedad, otro de sus objetivos es el desarrollo de la infraestructura para que dichas aplicaciones se lleven a cabo. Es una red regional que tiene que desea promover y coordinar el desarrollo de estas aplicaciones avanzadas redes de cómputo y telecomunicaciones.

- **Red Universitaria de Tecnología Avanzada del Caribe**

Figura 11. Logo Red universitaria de tecnología avanzada del caribe

Fuente Tomada de https://www.renata.edu.co 2015

La Asociación Red Universitaria de Tecnología Avanzada del Caribe, RUTA Caribe con sede en Barranquilla, capital del departamento del Atlántico, en la región norte de Colombia, tiene como fin integrar a las instituciones de Educación Superior, de la Costa Caribe Colombiana y de la zona Metropolitana de Barranquilla.

Es una red local para el servicio de la investigación y educación que con la interconexión genera una infraestructura tecnológica que con facilidad permite el intercambio servicios entre sus miembros al igual que de proyectos y programas.

- **Corporación Red de Instituciones de Educación, Investigación y Desarrollo del Oriente Colombiano**

Figura 12. Corporación Red de Instituciones de educación, investigación y desarrollo del oriente colombiano

Fuente Tomada de http://www.unired.edu.co/ 2015

La Corporación Red de Instituciones de Educación, Investigación y Desarrollo del Oriente Colombiano, UNIRED, es la red en los departamentos de Santander y Boyacá, es una red de alta velocidad y su objetivo generar proyectos de innovación y desarrollo tecnológico orientados a fortalecer la productividad y competitividad de la región; esto lo logra articulando el entorno socio-económico con la investigación universitaria.

2.1.4 Fuentes lumínicas [18]

Los hogares colombianos desconocen muchos de los sistemas eléctricos y de control de iluminación que existen, usando todavía tecnologías del siglo pasado, en la actualidad existen miles de productos de iluminación, y con diferentes tecnologías y opciones.

La iluminación natural con la luz del día en espacios interiores y con fuentes de luz artificiales como lámparas, son dos formas diferentes de obtener la iluminación en un espacio.

La iluminación también puede ser utilizada como una manifestación artística, siendo útil para decorar o resaltar las características de una construcción.

Un elemento clave del diseño interior es la iluminación interior y se puede considerar como una parte del mobiliario, o un elemento que debe contrastar con el diseño del sitio. Es por este motivo que se le da importancia para la estética de un lugar, aunque su principal desventaja puede ser el gasto de energía o los riesgos que puede implicar para la salud.

A nivel mundial es uno de los factores con mayor porcentaje en el consumo energético.

El 27 de Enero de 1880 nace el bombillo[19], desde este momento a partir de la electricidad la humanidad ha podido utilizar este invento para iluminar diferentes zonas en diferentes tiempos. Luego de ello se desarrollaron a la par los interruptores y otros equipos.

En 1964 Joe Spira fundador de Lutron[20], fue el creador del primer sistema de atenuación. Los sistemas eléctricos creados por Joe Spira pueden verse hoy en el Museo Nacional Smithsoniano de Historia Americana en Washington, esto desde el 29 de Abril 2011

El bombillo ahorrador se origina a principios de los años 70's produciendo la misma cantidad de luz pero con un menor uso de energía y desde ese momento es usado ampliamente en hogares y edificios.

Actualmente los dimmers son diseñados especialmente para poder atenuar diferentes tipos de bombillos ahorradores, todo ello dependiendo del funcionamiento que tienen, y las tecnologías que utilizan.

---

[18] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf

[19] Elmundo.es. (2015) Recuperado de: http://www.elmundo.es/elmundo/2009/10/19/navegante/1255935009.html

[20] Technoimport. (2015) Recuperado de: http://www.technoimport.com.co

Se estima que para el año 2017, los bombillos basados en tecnología LED abarcaran cerca del 95% del mercado de bombillos.[21]

- **Lámpara incandescente**

Figura 13 Lámpara incandescente

Fuente Tomada de http://www.global-download.schneider-electric.com (2015)

Una bombilla o lámpara incandescente constituye una fuente de luz artificial que funciona mediante la incandescencia. Una corriente eléctrica pasa a través de un fino filamento, calentándolo y haciendo que éste se excite y libere fotones térmicamente equilibrados en el proceso. La protección de cristal que lo recubre evita que el oxígeno del aire alcance el filamento caliente, pues de lo contrario, éste se destruiría rápidamente a causa de la oxidación.
Las bombillas incandescentes ofrecen la ventaja de que pueden fabricarse con diferentes niveles de potencia, 10wats, 20wats, incluso hasta llegar a los 100wats. Debido a su falta de luminosidad, las bombillas incandescentes están siendo sustituidas gradualmente, como por ejemplo por luces fluorescentes (compactas), lámparas de descarga de alta intensidad, LEDs y otros dispositivos. Las bombillas fluorescentes compactas son especialmente fáciles de utilizar, ya que se ajustan a los casquillos de las bombillas incandescentes normales, consumen mucha menos energía, generan menos calor, producen espectros de luz al menos aceptables para el consumo y ofrecen un mayor ahorro durante su vida útil.[22]

- **Lámpara halógena**

Figura 14 Lámpara Halógena

Fuente Tomada de http://www.global-download.schneider-electric.com 2015

[21] Masaquiza Masaquiza C. S. (2015). "Sistema de control de iluminación y seguridad para la corporación museo de la cultura indígena del pueblo salasaka", Universidad técnica de Ambato, Facultad de ingeniería en sistemas, electrónica e industrial. Ecuador. Recuperado de : http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8601/1/Tesis_t959ec.pdf

[22] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf

Las lámparas halógenas son lámparas incandescentes de alta presión que contienen gases halógenos, como yodo y bromo, que permiten a los filamentos funcionar con temperaturas y eficacias superiores. Las lámparas halógenas están constituidas por un filamento de tungsteno recubierto con un envolvente de cuarzo lleno de gas halógeno. En las lámparas halógenas, el envolvente de cuarzo está situado más cerca del filamento que el cristal utilizado en las bombillas convencionales. Al calentarse el filamento y alcanzar una temperatura elevada, hace que los átomos de tungsteno se evaporen y se combinen con el gas halógeno. Estas moléculas más pesadas vuelven a depositarse en la superficie del filamento. Este proceso de reciclaje aumenta la duración del filamento de tungsteno y permite a la lámpara halógena producir más luz por unidades de energía.

- **Lámpara fluorescente compacta**

Figura 15 Lámpara fluorescente compacta

Fuente Tomada de http://www.global-download.schneider-electric.com 2015

La lámpara fluorescente compacta (CFL) es un tipo de lámpara (bombilla) diseñada para ajustarse más o menos en el mismo espacio que una lámpara incandescente, pero con las ventajas de una lámpara fluorescente. Muchas CFL pueden sustituir directamente a una lámpara incandescente existente. En comparación con las lámparas incandescentes del mismo flujo luminoso, las CFL tienen una mayor duración nominal y consumen menos energía.

Aunque las CFL emiten un espectro de luz diferente al de las lámparas incandescentes, los últimos avances tecnológicos han reducido esa diferencia drásticamente. La luz emitida por las mejores CFL de luz blanca suave disponibles hoy en día tiene una calidad similar a la de las bombillas estándar.

Las CFL modernas suelen durar entre 8.000y 15.000 horas, mientras que las lámparas incandescentes se fabrican normalmente para tener una duración de 750 horas a 1.000 horas. En una salida de luz determinada, las CFL utilizan entre una quinta parte y una

cuarta parte de la potencia de una lámpara incandescente equivalente, por lo que ahorran una cantidad considerable de energía y reducen la necesidad de generación eléctrica.
En los países industrializados, la iluminación representa alrededor de una quinta parte del consumo de electricidad, por lo que existen importantes ventajas potenciales.
Las lámparas incandescentes son menos eficaces que las CFL, ya que convierten aproximadamente un 90% de la energía que consumen en calor (en comparación con el 30% de una CFL).[23]

- **Iluminación de Leds**

Figura 16 Iluminación de Leds

Fuente Tomada de http://www.global-download.schneider-electric.com 2015

Durante los últimos 20 años, las lámparas de diodo emisor de luz (LEDs) han pasado de ser indicadores de la electrónica de consumo a constituir una fuente de iluminación flexible y eficaz.
La iluminación con LEDs tiene potencial para ofrecer una alta eficacia, durabilidad y una vida útil sumamente larga. Actualmente, la iluminación con LEDs está restringida a unos usos muy específicos, como la retro iluminación de los monitores LCO, los carteles de salida, las señales de tráfico, las luces de freno de los vehículos y las tiras de luces navideñas. No obstante, a medida que esta tecnología vaya siendo cada vez más aceptada en el mercado, su uso se ampliará y los costes serán más competitivos.
Un tipo específico de LEDs, el diodo emisor de luz orgánico (OLED) promete crear paneles de luz diseñables y de bajo consumo que puedan utilizarse en una gran variedad de aplicaciones arquitectónicas.
Una lámpara LEDs es un tipo de iluminación de estado sólido (SSL) que utiliza diodos emisores de luz (LEDs) como fuente de luz, en lugar de filamentos eléctricos, plasma o gases. Las lámparas LEDs (también llamadas iluminadores o barras LEDs) suelen ser grupos de LEDs alojados en una carcasa adecuada. Se ofrecen con diferentes formas, incluida la forma de bombilla estándar con tamaños E27, E14, Gu5.3y GU10.También

[23] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf

se incluyen variedades de bajo voltaje (normalmente, de 12V de tipo halógeno) y sustitutivos de la iluminación de red de CA normal (120-240 Vca). Actualmente, no existe tanta disponibilidad de éstas últimas pero esta situación está cambiando.
Los LEDs tienen una resistencia dinámica muy baja, con la misma reducción de voltaje para una gran variedad de corrientes. En consecuencia, no pueden conectarse directamente a la mayoría de las fuentes de energía sin que se autodestruyan. Normalmente, se utiliza una resistencia de control de corriente, que suele ser una corriente constante.[24]

- **Tubo fluorescente**

Figura 17 Tubo fluorescente

Fuente Tomada de http://www.global-download.schneider-electric.com 2015

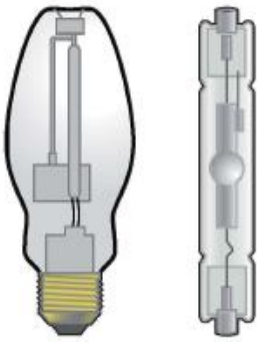
Un tubo fluorescente es una lámpara de descarga de gas que utiliza electricidad para excitar el vapor de mercurio en el gas de argón o neón, lo que da lugar a un plasma que produce una luz ultravioleta de onda corta. Esta luz hace que un fósforo emita fluorescencias y produzca una luz visible.
A diferencia de las lámparas incandescentes, las lámparas fluorescentes siempre requieren una resistencia para regular el flujo de potencia a través de la lámpara. En los dispositivos de tubo habituales (normalmente, de 120cm o 240cm de longitud), la resistencia se encuentra dentro del dispositivo. Las bombillas fluorescentes compactas pueden tener una resistencia convencional ubicada en el dispositivo o pueden tener resistencias integradas en las bombillas, por lo que pueden ser utilizadas en portalámparas que se emplean normalmente para lámparas incandescentes.
Es posible que los fluorescentes compactos no puedan utilizarse a bajas temperaturas.
La salida de luz desciende a bajas temperaturas y no podrían iluminar en absoluto por debajo de los cero grados centígrados. También puede acortarse su ciclo de vida si se encienden y se apagan con frecuencia. Las bombillas incandescentes funcionan perfectamente sin pérdida alguna de luminosidad a temperaturas extremadamente bajas o altas y soportan mejor el encendido y apagado frecuente, como en las aplicaciones de luces de seguridad. Los fabricantes de fluorescentes compactos advierten que no deben utilizarse CFL normales para sustituir a las bombillas incandescentes en dispositivos cerrados o controlados por reguladores. La atenuación de las lámparas fluorescentes requiere resistencias diseñadas para la atenuación. [25]

---

[24] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf
[25] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf

- **Lámparas de Ioduro metálico**

Figura 18 Lámparas de Ioduro metálico



Fuente Tomada de http://www.global-download.schneider-electric.com 2015

Las lámparas de ioduro metálico, que pertenecen a la familia de lámparas de descarga de alta intensidad (HID), producen una gran cantidad de luz para su tamaño, lo que las convierte en una fuente de luz compacta, potente y eficaz. Estas lámparas, creadas a finales de los sesenta para un uso industrial, se ofrecen actualmente en numerosos tamaños y configuraciones para aplicaciones comerciales y residenciales. Al igual que la mayoría de las lámparas HID, las lámparas de ioduro metálico funcionan bajo una presión y una temperatura elevadas, y requieren dispositivos especiales para funcionar de forma segura.

Las lámparas de ioduro metálico requieren resistencias eléctricas para regular el flujo de corriente de arco y proporcionar al arco la tensión adecuada. Las bombillas de

Ioduro metálico de arranque de probeta contienen un electrodo de "arranque" especial en su interior para poner en marcha el arco al encenderse la lámpara por primera vez (lo que genera un ligero parpadeo). Las lámparas de ioduro metálico de arranque por pulsos no requieren un electrodo de arranque y, en cambio, utilizan un circuitote arranque especial denominado "ignitor" para generar un pulso de alta tensión en los electrodos activos. Actualmente, se ofrecen algunas resistencias electrónicas para las lámparas de ioduro metálico.

También se consideran una fuente de luz de "punto", por lo que a menudo se requieren luminarias reflectoras para concentrar la luz para la aplicación de la iluminación.

Las lámparas de ioduro metálico se utilizan para fines industriales generales y para aplicaciones muy específicas que requieran una luz de frecuencia azulo UV específica.

Se utilizan para aplicaciones de cultivo en interiores, ya que ofrecen el espectro y la temperatura de luz que favorecen el crecimiento general de las plantas. Se utilizan con frecuencia en instalaciones atléticas.[26]

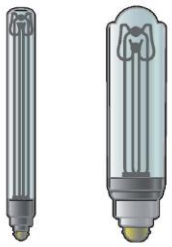
[26] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf

- **Lámparas de vapor de sodio**

Una lámpara de vapor de sodio es una lámpara de descarga de gas que utiliza sodio en un estado excitado para producir luz. Estas lámparas pueden ser de dos tipos: de baja presión y de alta presión.[27]

- **Baja presión /LPS/SOX**

Figura 19 Baja Presión/LPS/SOX

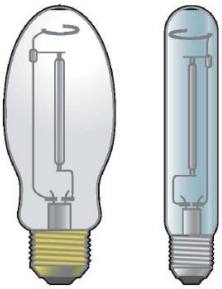


Fuente Tomada de http://www.global-download.schneider-electric.com 2015

Las lámparas LPS (sodio de baja presión), también denominadas lámparas SOX constituyen la fuente de luz eléctrica más eficaz cuando se miden para condiciones de iluminación fotópica (hasta 200 Im/W). En consecuencia, se utilizan en gran medida para la iluminación en exteriores, como la iluminación de las calles o las luces de seguridad, donde la reproducción del color no tiene tanta importancia. Las lámparas LPS se ofrecen con potencias desde 10W hasta 180W; no obstante, cuantos más vatios tenga la lámpara, mayor será su longitud, lo que ocasiona problemas a los diseñadores.
28

- **Alta presión/ HPS/ SON**

Figura 20 Alta presión/ HPS/ SON



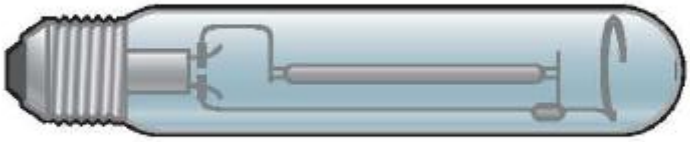
Fuente Tomada de http://www.global-download.schneider-electric.com 2015

[27] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf
[28] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf

Las lámparas de sodio de alta presión son bastante eficaces (de 100lm/W a 150lm/W), cuando se miden para condiciones de iluminación fotópica. Han sido muy utilizadas para la iluminación en exteriores, como la iluminación de las calles y las luces de seguridad.
Conocer el cambio que se produce en la sensibilidad humana de la visión del color al pasar de una iluminación fotópica a una mesotópica o escotópica resulta esencial para realizar una correcta planificación al diseñarla iluminación de las carreteras.[29]

2.1.4.8 SON Blanco

Figura 21 SON Blanco



Fuente Tomada de http://www.global-download.schneider-electric.com 2015

Una variante del sodio de alta presión, el SON blanco, presentado en 1986, cuenta con una presión superiora la de la típica lámpara HPS y produce una temperatura de color de alrededor de 2.700 K, con un CRI de 85; presenta además un aspecto muy similar al color de la luz incandescente. Se utiliza a menudo en lugares interiores, como cafeterías y restaurantes, para crear una atmósfera determinada. No obstante, en contraposición, estas lámparas son más caras, duran menos y ofrecen una menor eficacia de la iluminación.
Todas las lámparas de descarga de gas, incluidas las lámparas fluorescentes, requieren un mecanismo de control para funcionar. El mecanismo de control ofrece una tensión inicial elevada para iniciarla descarga; después, limita rápidamente la corriente de la lámpara para mantener de forma segura la descarga. Los mecanismos de control de limitación de corriente se requieren sobretodo cuando un dispositivo o circuito eléctrico presenta una resistencia negativa ante el suministro eléctrico. Algunos ejemplos de estos dispositivos de resistencia negativa son las lámparas y los tubos de descarga de gas. Si se conectara un dispositivo de este tipo a una fuente de alimentación de tensión constante, recibiría una cantidad de corriente cada vez mayor hasta que finalmente se destruyera u ocasionara un fallo en la fuente de alimentación. Para evitar esta situación,

[29] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf

la resistencia ofrece una reactancia positiva que limita el flujo de corriente final al nivel adecuado.[30]

2.1.5 Mecanismo de control

- **Resistencia magnética**

La resistencia magnética utiliza un inductor para ofrecerla condición eléctrica de arranque y funcionamiento adecuada para encender una lámpara fluorescente, una lámpara de neón o una lámpara de descarga de alta intensidad (HID). El inductor ofrece dos ventajas: su reactancia limita la corriente suministrada a la lámpara con una mínima pérdida de potencia en el inductor y el pico de tensión producido cuando se interrumpe rápidamente la corriente que pasa por el inductor se utiliza en algunos circuitos para dar el primer golpe al arco de la lámpara.
Las desventajas son que no ofrece posibilidades de atenuación para los tubos de 26mm y necesita un arrancador aparte, que cuando el tubo no arranque, intentará reiniciar el tubo y causará un molesto parpadeo.[31]

- **Resistencia electrónica**

Resistencia electrónica que utiliza un circuito electrónico de estado sólido para ofrecer la condición eléctrica de arranque y funcionamiento adecuada para encender una o varias lámparas fluorescentes y lámparas HID. Las resistencias electrónicas suelen cambiar la frecuencia de la potencia de una frecuencia de red eléctrica estándar a 20.000Hz o un valor superior, por lo que eliminan en gran medida el efecto estroboscópico del parpadeo (100o 120 Hz, doble de la frecuencia lineal) asociado a la luz fluorescente. Debido a la alta frecuencia del funcionamiento, las resistencias electrónicas suelen ser más pequeñas, ligeras y eficaces (y, por tanto, funcionan a menor temperatura) que las resistencias magnéticas.
Las resistencias electrónicas se basan a menudo en fuentes de alimentación de modo conmutado de tipo inversor/convertidor, rectificando primero la potencia de entrada y cortándola después a una frecuencia elevada. Las resistencias electrónicas avanzadas permiten la atenuación a través del pulso (con modulación, control remoto y supervisión a través de redes tales como LonWorks, Dali, DMX, DMX-512, DSI, o control analógico simple con una señal de control de luminosidad de 0-10Vcc).
[32]

---

[30] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf
[31] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf

- **Transformadores**

- **Transformadores magnéticos**

Los transformadores magnéticos, fabricados con un núcleo de hierro o ferrita y un sistema de bobinado múltiple; normalmente, se denominan transformadores de núcleo de bobina. Estos dispositivos transforman la tensión de un modo previsible mediante el acoplamiento magnético.[33]

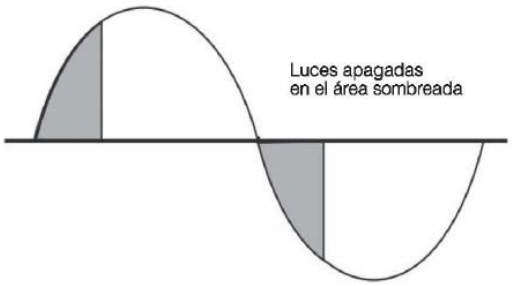
- **Transformadores electrónicos**

Los Transformadores electrónicos, constituidos normalmente por un inversor y un transformador más pequeño. Debido a su diseño y fabricación, sus características y rendimiento no siempre pueden predecirse.[34]

- **Principios de atenuación (Dimerizado)**

La labor de un regulador de luz consiste fundamentalmente en cortar partes de la tensión de CA. Esto permite que sólo pasen partes de la forma de onda a la lámpara.
La luminosidad de la lámpara se determina por la potencia que se le transfiere, por lo que cuanto más se corte la forma de onda, mayor será la atenuación.

Figura 22 Reguladores de triac y tiristor (borde de entrada)



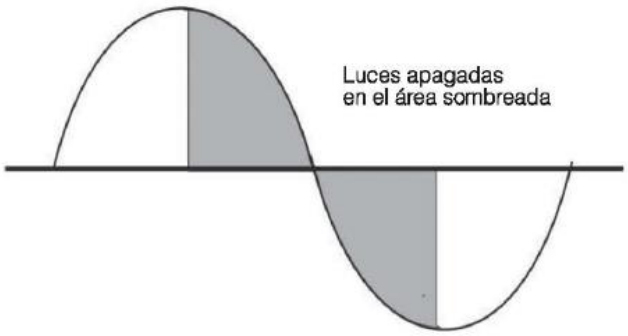
Fuente Tomada de http://www.global-download.schneider-electric.com 2015

---

[32] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf
[33] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf
[34] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf

Los dispositivos reguladores de triac o tiristor funcionan de un modo muy similar.
El triac o tiristor se enciende en un determinado ángulo de fase y se apaga automáticamente en un punto de cruce cero en cada media onda. Estos reguladores se utilizan para cargas resistivas e inductivas, como fuentes de lámparas incandescentes, de cátodo frío y de baja tensión (inductivas). Conviene tener en cuenta que no todos los transformadores electrónicos utilizados para lámparas de baja tensión resultan adecuados para la atenuación llevada a cabo por los reguladores de triac o tiristor.

Figura 23 Atenuador de transistor (borde de salida)



Fuente Tomada de http://www.global-download.schneider-electric.com 2015

Un regulador basado en transistor apaga el suministro eléctrico en un determinado ángulo de fase y lo enciende en el siguiente punto de cruce cero y normalmente se conoce como un regulador de borde de salida. Al apagar la corriente, se elimina la posibilidad de que se den posibles picos de tensión. Estos reguladores deberán utilizarse cuando se atenúen transformadores electrónicos (capacitivos) y lámparas de tensión de red eléctrica (resistivas).[35]

2.1.6 Tipos de control

- **Control ON/OFF**

Este tipo de control se basa en interrumpir la potencia que le llega a nuestra fuente de iluminación hay varias maneras de lógralo siendo por interruptor, sensor presencia, Sensor luminosidad, programador horario, teleruptor o un actuador.

- **Control cantidad de potencia**

[35] Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf

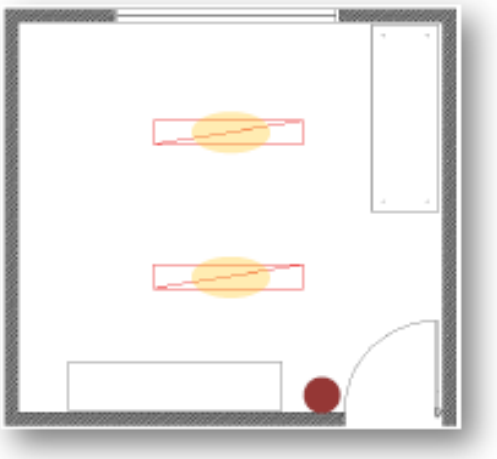
Este tipo de control se basa en controlar la cantidad de potencia que le llega a nuestra fuente de luz, siendo utilizados dimmers, drivers voltaje/corriente., balastos electrónicos inteligentes (bus de datos) entre otros.

2.1.7 Topologías de Control

- **Aislada**

Para un grupo particular de iluminarias se activa el control.

Figura 24 Topología Aislada

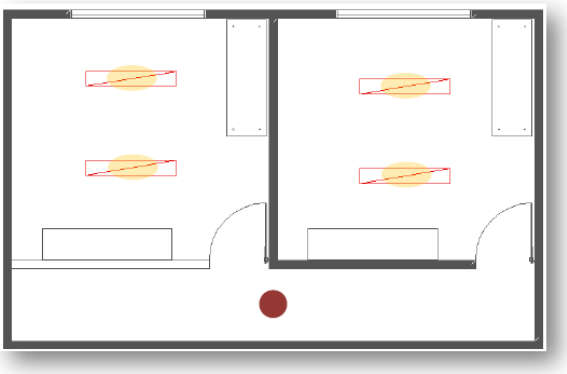


Fuente Tomada de: www.knx.org/new_lib/index.php/Media?id=307088

- **Distribuida**

Se utiliza un sensor de luz, o de presencia que interactúa con un grupo de iluminarias.

Figura 25 Topología distribuida

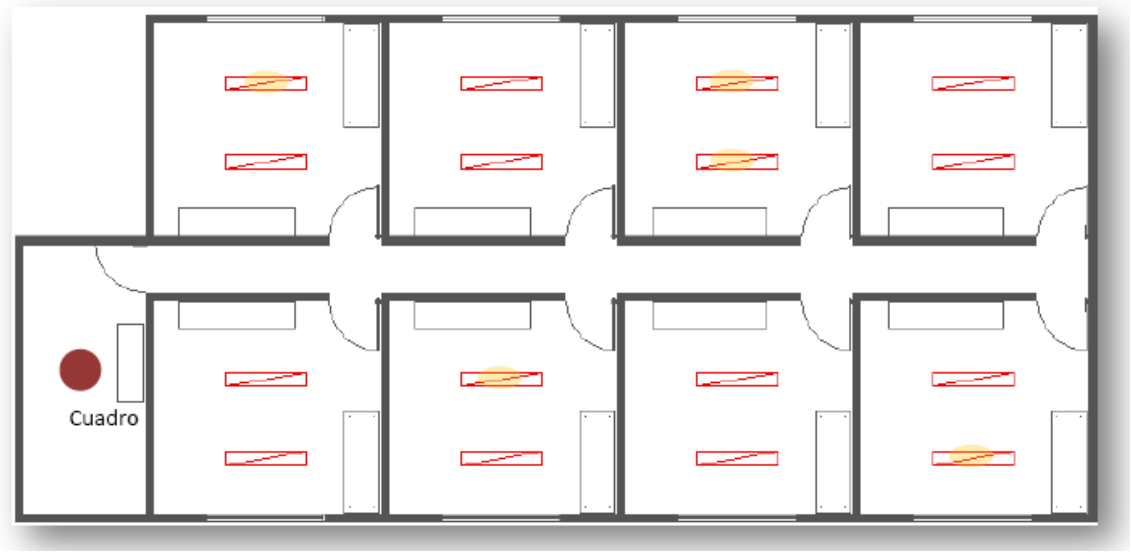


Fuente Tomada de: www.knx.org/new_lib/index.php/Media?id=307088

- **Centralizada**

Se utiliza un computador, un PLC o un sistema embebido, se tiene un tablero o cuadro de controles, el que nos ayuda con la interacción, y sobre el que recae el control.

Figura 26 Topología centralizada



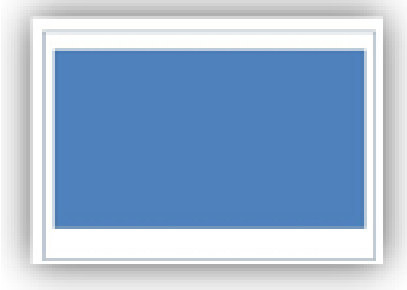
Fuente Tomada de: www.knx.org/new_lib/index.php/Media?id=307088

2.1.8 Criterios de control

- **Según el horario**

Las luces están encendidas por completo en un horario fijo como por ejemplo de 8 AM a 5 PM.

Figura 27 Representativo de consumo según el horario



Fuente Tomada de: http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Catalogo%20de%20SC.pdf

- **Considerando el área de uso**

- **Programación horaria**

Las luces se encuentran encendidas solo cuando deben ser utilizadas, mediante este método se logra obtener un ahorro del 15% en relación al consumo de energía, si estuvieran en todo momento encendidas.

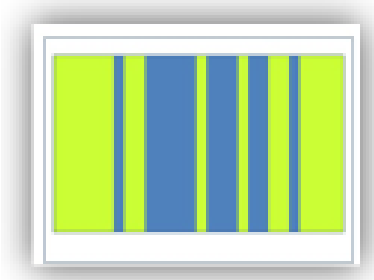
Figura 28 representativo de consumo según programación horaria

Fuente Tomada de:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Catalogo%20de%20SC.pdf

- **Control por presencia**

Las luces se encienden cuando detectan la presencia de un usuario, esto se logra con sensores de movimiento, e indicando la cantidad de luz necesaria, con este método se logra un ahorro de hasta el 30%.

Figura 29 Representativo de consumo por presencia



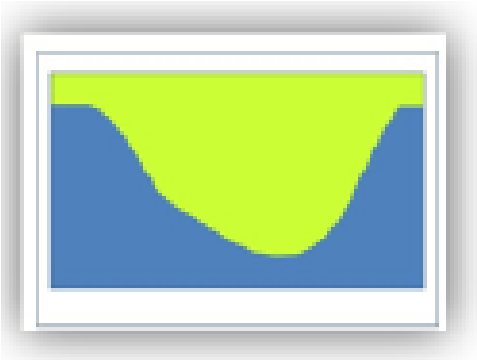
Fuente Tomada de:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Catalogo%20de%20SC.pdf

- **Considerando el nivel de luz**

- **Aprovechamiento luz diurna**

Se realiza mediante el balance entre la luz natural y artificial, para que la zona se mantenga iluminada a una misma cantidad de luz, con este método se puede lograr un ahorro de hasta el 70% en zonas situadas cerca de ventanas, o de hasta el 35% en otras zonas dependiendo de la arquitectura del edificio.

Figura 30 Representativo de consumo por aprovechamiento luz diurna



Fuente Tomada de:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Catalogo%20de%20SC.pdf

- **Ajuste del nivel dependiendo de la actividad**

Se suministra la cantidad de luz necesaria dependiendo de la actividad que se vaya a realizar en la zona, mediante este método se logran ahorros energéticos de hasta el 20%.

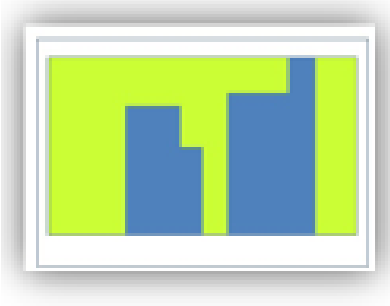
Figura 31 Representativo de consumo por ajuste del nivel dependiendo de la actividad

Fuente Tomada de:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Catalogo%20de%20SC.pdf

- **Considerando el usuario y el entorno.**

El usuario tiene el control lo que genera confort, el puede administrar la cantidad de luz y los diferentes focos de luz, con este método se logra una reducción en el consumo de hasta el 15%.

Figura 31 Representativo de consumo por consideración de usuario y de entorno.



Fuente Tomada de:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Catalogo%20de%20SC.pdf

2.1.9 Grados de Automatización

Los grados de automatización comienzan desde los básicos donde se utiliza un interruptor, y requiere la intervención del usuario. Medio donde un sensor de presencia es el encargado de realizar la acción y no requiere intervención del usuario para actuar. Alto como cuadro de interruptores o de control, que permite programar interacciones entre controles y por ultimo muy alto donde los sistemas son controlados por computadores, PLC, o sistemas embebidos.

2.1.10 Aplicaciones similares

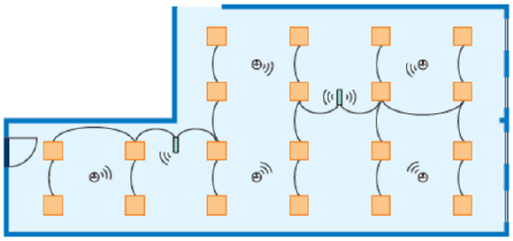
- **OccuSwitch wireless de Philips**

Figura 32 OccuSwitch wireless de Philips

Fuente Tomada de:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Catalogo%20de%20SC.pdf

El OccuSwitch Wireless está especificado para hacer actuaciones rápidas y sencillas en instalaciones existentes. Consiste en un conjunto de uno o varios sensores wireless y uno o varios actuadores (relés) vinculados vía RF (Zigbee) con los que se puede ahorrar hasta un 30% del consumo de energía mediante el encendido o apagado de las áreas desocupadas. Al igual que con el resto de modelos de la gama OccuSwitch, las luces se apagarán automáticamente cuando haya suficiente luz disponible y se encenderán de nuevo cuando los niveles de luz sean inferiores del nivel requerido. Asimismo, los sensores también incluyen una pantalla retráctil para aislar las zonas que no interesen.
Este sistema está diseñado para un área de entre 20 y 25 m2 aunque puede expandirse a 160 m2 añadiendo más sensores, siendo posible interconectar hasta 10 sensores y actuadores en la red mallada RF. El actuador se conecta al cableado de la red eléctrica en cualquier punto del techo. Hay disponibles cables Wieland de forma opcional para una instalación aún más rápida, sencilla y libre de problemas.[36]

Figura 33 Esquema de conexión de red



Fuente Tomada de:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Catalogo%20de%20SC.pdf

Figura 34 Esquema de conexión a línea

Fuente Tomada de:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Catalogo%20de%20SC.pdf

- **Control del alumbrado público TST**

La solución de TST para el control del alumbrado público permite el encendido y apagado remoto e individualizado de cada una de las luminarias que conforman la red inalámbrica mallada. Basada en la plataforma TSmarT, la solución usa la tecnología

[36] Phillips (2015) Recuperado de:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Catalogo%20de%20SC.pdf

ZigBee para formar una red segura, robusta y redundante. Las ventajas principales son ahorro de gasto energético, eliminación de picos de potencia, control individual de cada farola, control centralizado vía Web y amortización en 2 años. La solución permite el ahorro de consumo energético porque cada luminaria puede ser controlada individualmente, aunque estén conectadas en serie. Ya no es necesario encender todas las farolas de una serie cuando solamente se desea iluminar una zona concreta. Asimismo se puede encender cada luminaria a un nivel inferior al 100%, permitiendo ajustar el nivel a las necesidades concretas en cada momento. Al no tener que encender todas las farolas de golpe y poder encender cada farola de manera individual, se eliminan picos de potencia en la red que las compañías eléctricas penalizan con un precio del kilovatio-hora más caro. De esta forma se obtiene un doble ahorro, ya que el precio alto del kilovatio-hora no solo se aplica a la energía consumida en el momento del pico de potencia sino que se aplica a todo el periodo de facturación. La red se controla desde una aplicación Web accesible desde cualquier ordenador de la intranet del cliente. A través de esta aplicación, los usuarios autorizados pueden controlar manualmente cada una de las farolas, así como realizar tareas avanzadas tales como la programación del encendido y/o apagado a una hora determinada, ajustar el nivel de luz de cada luminaria o programar el encendido escalonado de las torres eléctricas para evitar picos de potencia que encarecen el precio del kilovatio-hora. Como es una solución desarrollada a su medida, podemos añadir a la aplicación la funcionalidad que necesite.[37]

Figura 35 Aplicación TST

Fuente Tomada de: www.tst-sistemas.es/soluciones/control-del-alumbrado

[37] TST (2014) Recuperado de: www.tst-sistemas.es/soluciones/control-del-alumbrado

- **Control de iluminación Schneider**

La tecnología de edificio inteligente de Schneider Electrics une funciones que anteriormente controladas por separado, utilizando estrategias para optimizar el consumo energético.
La base de esta tecnología es KNX, un estándar abierto que se adecua a las necesidades de automatización de casa y edificios.
Es un estándar global utilizado por al menos cien fabricantes alrededor del mundo. Es un sistema cerificado así todos los productos de KNX, sin importar el fabricante son certificados por la asociación KNX garantizándose compatibilidad e interoperabilidad. Con la eficiencia energética se logra una eficiencia económica, garantizando ahorros en el consumo de energía y por lo tanto también en el coste de esta. Su instalación es rápida y segura. También tiene ventajas como el ser fácilmente adaptado a los cambios dentro de la construcción y remodelación de un edificio.[38]

Figura 36 Diagrama de soluciones con KNX

Fuente Tomada de http://www.schneider-electric.com.co/documents/KNX/brochure-KNX-version-web.pdf

[38] Schneider (2015) Recuperado de: http://www.schneider-electric.com.co/documents/KNX/brochure-KNX-version-web.pdf

La tecnología nos permite manejar otros parámetros como calefacción ventilación persianas eléctricas, alarmas y otros. [39]

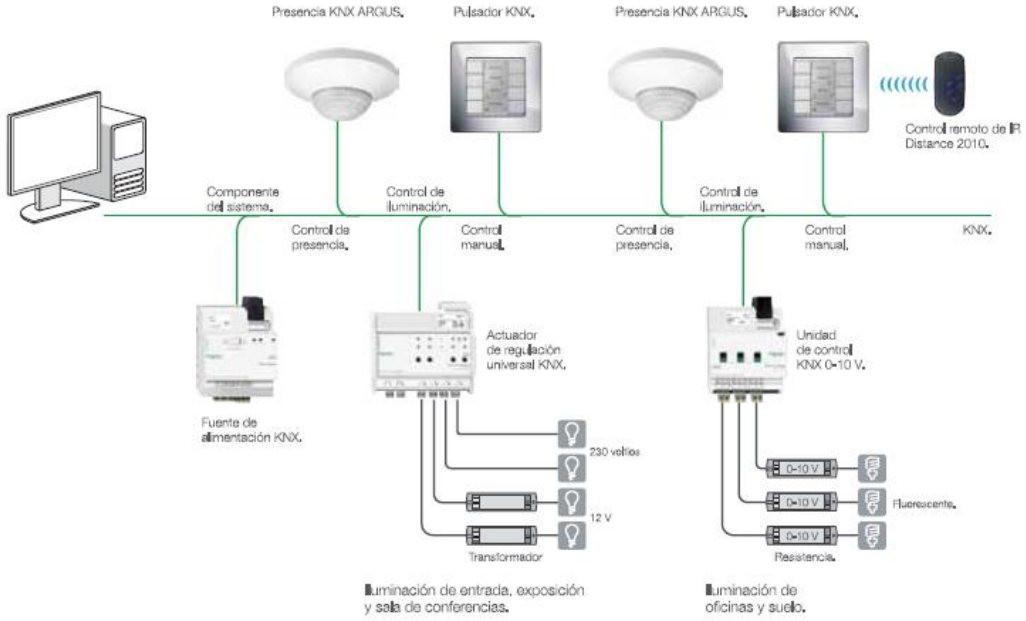
Figura 37 Oficinas principales Schattdecor. Thansau, Alemania

Fuente Tomada de http://www.schneider-electric.com.co/documents/KNX/brochure-KNX-version-web.pdf

Edificio de oficinas de 6 pisos es el centro de la nueva sede de Schattdecor. El punto culminante de la nueva sede de Schattdecor es el edificio cilíndrico, La tecnología de este edificio inteligente fue diseñada por Schneider Electric para ser tanto emblemático como funcional. Todas las paredes interiores del edificio son de cristal y hacen que toda el área de trabajo este llena de luz, Scheneider Electrics utilizo aquí, entre otras cosas el sistema de control KNX que se ajusta a la perfección con el diseño de interiores.[40]

[39] Schneider (2015) Recuperado de: http://www.schneider-electric.com.co/documents/KNX/brochure-KNX-version-web.pdf
[40] Schneider (2015) Recuperado de: http://www.schneider-electric.com.co/documents/KNX/brochure-KNX-version-web.pdf

Figura 38 Red implementada con KNX



Fuente Tomada de http://www.schneider-electric.com.co/documents/KNX/brochure-KNX-version-web.pdf

- **Sistema inalámbrico alumbrado Madrid**

El sistema conseguirá un ahorro medio en instalaciones públicas del 14%, aunque, según el tipo de vía, el ahorro puede llegar hasta el 40%. La tecnología que se está desarrollando permitirá controlar a distancia la intensidad lumínica de cada lámpara de una instalación pública e informará en todo momento de su estado, lo que supondrá también un gran ahorro en mantenimiento. La empresa Sevillana Valdemar Ingenieros está desarrollando, a través de un proyecto de I+D+i financiado por CTA, un sistema de ahorro energético en el alumbrado público mediante una tecnología inalámbrica de control telemático que regula la intensidad de las lámparas punto a punto en función de las necesidades lumínicas de cada momento. El ahorro medio que se prevé conseguir en consumo de energía se sitúa en el 14%, debido a que la normativa exige un mínimo de luminosidad en función del tipo de vía y la densidad del tráfico, pero en algunas zonas el ahorro podrá llegar hasta el 40%. En el proyecto, denominado GIAP (Proyecto de Gestión Inteligente del Alumbrado Público), colabora el grupo de investigación de la Universidad de Córdoba (UCO) "Instrumentación computacional y electrónica industrial", que está identificando la tecnología inalámbrica más adecuada para adaptarse con el menor coste posible a las instalaciones de alumbrado público actuales. El sistema consiste en el control a distancia a través de tecnología inalámbrica del flujo lumínico de cada lámpara, de forma que se pueda bajar la intensidad en los momentos en los que no sea necesaria, por menor tránsito debido a la franja horaria o por la iluminación natural (no es lo mismo luna llena, que luna nueva, ni un cielo

despejado que nublado). Pero, además, el sistema también facilita información continua del estado de cada una de las lámparas y emite alarmas cuando se produce cualquier fallo o avería, lo que supondrá también un gran ahorro en costes de mantenimiento de las instalaciones. Entre los potenciales clientes que podrían beneficiarse de este sistema para el ahorro energético, destacan ayuntamientos, mancomunidades, urbanizaciones, polígonos industriales, etc. El dispositivo de control telemático tendrá la capacidad de adaptarse a los sistemas de toma de datos de los que ya dispongan las instalaciones (ya sean temporizadores horarios, sensores lumínicos o de cualquier otro tipo). Asimismo, permitirá controlar cada una de las lámparas de manera inalámbrica, mientras que en la actualidad sólo existe esta posibilidad con un costoso cableado y, además, con una orden única al cuadro de conexión genérico de una instalación, cuando es probable que en tramos diferentes de una misma vía existan necesidades lumínicas diferentes (no es lo mismo una intersección, que un tramo de vía recto). Entre las mejoras que se intenta conseguir con el sistema, destacan un aumento de la vida de las lámparas, balastos y arrancadores del 20%, se podrían alcanzar reducciones de la energía consumida entre el 25% y el 50%, y, además, el sistema detecta las lámparas con fallos, lo que permite la desconexión automática y mejora el proceso de localización y sustitución de las mismas. Valdemar es una pyme sevillana de ingeniería nacida en 2002 y dedicada a la realización de proyectos de infraestructuras de gas, infraestructuras de electricidad, así como al análisis y auditorias energéticas de edificios e industria, estudios de viabilidad de soluciones técnicas para la edificación. Ha desarrollado trabajos fundamentalmente para los sectores hospitalario, hotelero, industrial e inmobiliario. Ha finalizado un estudio de viabilidad financiado por CTA para el diagnóstico predictivo de fallos y comportamiento energético en salas de máquinas de centros públicos y, en la actualidad, desarrolla el proyecto de I+D+i GIAP, también respaldado por esta Fundación, de la que es miembro asociado. [41]

- **Loxone**

Figura 39 Casa con sistema Loxone instalado

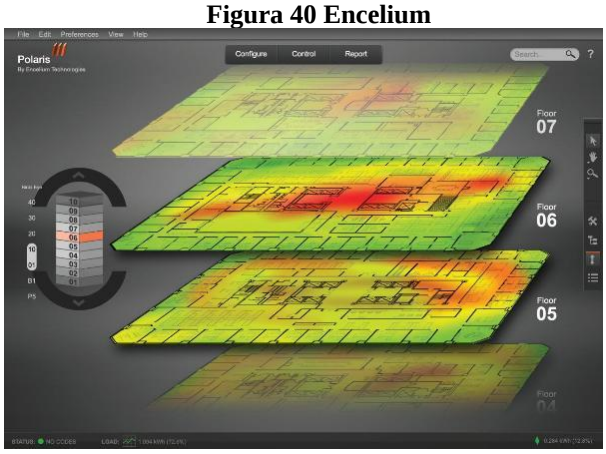
Fuente Tomada de www.loxone.com/eses/smart-home/iluminacion.html

[41] Madrid Mas (2015) Recuperado de: http://www.madrimasd.org/informacionIDI/noticias/noticia.asp?id=48323

Loxone nos ofrece sólo con un botón se encender las luces, se regularlas a la intensidad que queremos o se ajustar los colores que hemos elegido. Con Loxone puede crear escenas de iluminación individuales de una forma divertida. La primera opción de control que nos da es mediante el clásico interruptor. Si prefiere seguir controlando las luces con el clásico interruptor no hay problema, pero si quiere disfrutar de la comodidad de una función centralizada, puede apagar todas las luces de la casa por ejemplo con un sólo botón. En segunda instancia nos presenta una opción más interesante y moderna A través del smartphone o navegador Web Cambiar el color o regular la intensidad a través del iPhone, Android o PC, puede disponer de todo el control en su iPhone, Android o navegador Web esté donde esté. Además, puede ejecutar todas las opciones desde la interfaz e incluso guardar Escenas de Iluminación.
La otra ventaja es el control adaptado a tus necesidades. Configure el control completo de la iluminación según sus necesidades. El control de la iluminación combinando varios dispositivos en casa, como por ejemplo pulsadores, sensores de movimiento, persianas o incluyendo horarios y escenas para una mayor eficiencia y confort.[42]

- **Encelium**

Figura 40 Encelium



Fuente Tomada de: http://iluminet.com/encelium-iluminacion-automatizada/

El programa puede modificar la iluminación del edificio desde cualquier dispositivo con acceso a Internet. Encelium es un sistema inteligente para automatizar la iluminación, basado en el uso de sensores de presencia, aprovechamiento de la luz del sol, programación de acuerdo a ciertas tareas, entre otras. Con Encelium podemos generar escenas, apagar o encender la iluminación automáticamente, bajar o subir los niveles de iluminación de acuerdo a la necesidad. Polaris, es el software con el que se programa y maneja Encelium, utiliza una plataforma basada en Internet, es decir que desde cualquier dispositivo con conexión a Internet (computadora de escritorio, laptop, tablet o teléfono inteligente) puede manipularse. Esto ayuda en dos cosas: no se tiene que

[42] Loxone (2015) Recuperado de: www.loxone.com/eses/smart-home/iluminacion.html

instalar un programa en una computadora, lo cual la hará lenta y en segunda, desde cualquier parte del mundo puede operarse el sistema.

Se recomienda para proyectos industriales, hospitales, centros comerciales, oficinas, escuelas, hoteles, centros de convenciones, estadios. Para casas habitación y residencias no es recomendable ya que no podremos explotar todas las ventajas que ofrece. Se sabe que se necesita Encelium cuando hay la necesidad de hacer un proyecto de iluminación donde se requiera una automatización completa, es conveniente mirar hacia Encelium. No importa si es construcción hecha o nueva, el sistema puede adaptarse a ambas. Osram participa en un proyecto como Encelium Capacitando, asesorando, acompañamos al cliente con el usuario final, le ayudamos a hacer los cálculos. Osram le da seguimiento puntual a cada proyecto no sólo en la venta, sino también en la postventa para revisar la correcta operación del sistema. De la misma forma, Osram proporciona la capacitación en todo momento del software. Incluso, cuando el proyecto está instalado y operando, si el cliente necesita alguna asesoría o soporte, Osram se lo proporciona sin costo alguno. Una de las grandes ventajas de este sistema es que es compatible casi con cualquier marca de sensores, dimmers, balastros, LEDs. No es compatible con aquellos sistemas que son propietarios de sus equipos, pero en general, es compatible con un 90% de las marcas. Se acopla a los cambios tecnológicos, lo que hace este sistema es mandar señales de bajo voltaje a los equipos para que operen. De esta forma, no importa el avance que pudiera tener un equipo o dispositivo, ya que todos los equipos funcionan de la misma manera. Efectivamente el software se va actualizando automáticamente, ya que como hemos venido mencionando, es un sistema basado en Internet. Podemos ver el consumo eléctrico de todo un edificio o construcción, de un piso, un área o un solo equipo; podemos ver a lo largo del tiempo donde hay más saturación de carga y donde no. Además, tener mediciones en tiempo real del consumo energético, de la facturación bimestral y de la reducción de CO2 de ese edificio en particular. El software nos informa del tiempo de funcionamiento de un luminario y nos ayuda a calcular el momento en el que se tenga que hacer una sustitución de lámparas para evitar que un área se quede sin iluminar. Con Encelium podemos controlar sistemas de leds dimeables y no dimeables, balastros fluorescentes T5, T8 y fluorescentes compactas dimeables y no dimeables, balastros HID, halógenos e incandescentes. Se pueden conectar varios equipos no hay restricción en este sentido. Cada unidad de control opera hasta 800 equipos (entre dimmers, sensores, balastros, LEDs, y otros) y a su vez, las unidades de control pueden irse escalando para ir poniendo más dispositivos. Otra de las grandes ventajas de Encelium es que puede integrarse con otros sistemas de automatización, que pueden controlar aire acondicionado, persianas, motores. Actualmente estamos dándolo a conocer fuertemente, sin embargo en Estados Unidos y Canadá se han hecho proyectos en hospitales, universidades, estadios, bibliotecas, entre otros. Las principales ventajas de Encelium Compatible casi con cualquier marca de balastros atenuables, sensores de presencia, fotosensores, dimmers, lámparas y luminarios de LEDs.[43]

[43] Encelium (2015) Recuperado de: http://iluminet.com/encelium-iluminacion-automatizada/

- Fácilmente escalable, es decir que cuando hay la necesidad de una ampliación en el edificio o construcción, el sistema se adapta fácilmente a esto.
- Todo el sistema funciona a través de Internet, por lo que desde cualquier lugar del mundo puede manipularse.
- El cable de red proporciona un bajo voltaje a todos los dispositivos de control (sensores, dimmers, interruptores, tableros, etc.), por lo que no necesitamos un transformador para cada uno de estos equipos.
- El software Polaris 3D nos grafica en tiempo real consumos eléctricos, ahorros de energía, la facturación bimestral, la reducción de CO2. Todo esto en iluminación nada más.
- El software Polaris 3D es muy fácil de usar y muy amigable.
- Acerca de la seguridad, se proporciona un nombre de usuario y contraseña a cada proyecto, por lo que no hay problema en que alguien pueda meterse y modificar algún estatus o condición.[44]

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Historia de la domótica

En la idealización del concepto de automatizar procesos se han requerido labores muy profundas de investigación, por eso este paradigma tiene muchos años de existencia como tal, desde que un interesado en el área conectó dos cables eléctricos a las manecillas de un reloj despertador, para que movidos por dichas manecillas, los cables cerraran un circuito formado por una pila y una lámpara. En ese momento surge la idea de temporizar una función eléctrica en un ambiente doméstico.[45]

El automatismo se inició durante el siglo XIX con el desarrollo industrial, el cual permitía controlar y establecer secuencialmente los procesos productivos. Con el paso del tiempo y hasta la actualidad, los sistemas han sido perfeccionados hasta llegar al punto en donde las industrias basan gran parte de sus fases de producción en tareas automatizadas o temporizadas.
Estados Unidos y Japón fueron los países pioneros en dar una noción de un edificio o inmueble inteligente, en el año 1977, bajo la influencia de factores tecnológicos y económicos. Desde este año se realizan estudios y análisis sobre el impacto que tiene la automatización en la sociedad y la rentabilidad que podían generar sus ideas en un período de baja productividad en el sector.[46]

---

[44] Encelium (2015) Recuperado de: http://iluminet.com/encelium-iluminacion-automatizada/
[45] Carrasquilla Gómez, G. A. Moreno Betancur, J. A. (1999). Aspectos generales de las instalaciones residenciales apoyadas en multimedia. [Tesis Pregrado Ingeniería eléctrica] Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de ingeniería eléctrica. Medellín. pp. 144.
[46] Carrasquilla Gómez, G. A. Moreno Betancur, J. A. (1999). Aspectos generales de las instalaciones residenciales apoyadas en multimedia. [Tesis Pregrado Ingeniería eléctrica] Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de ingeniería eléctrica. Medellín. pp. 140.

Con la llegada de las tecnologías en comunicaciones y la aparición de la nueva generación de los conmutadores telefónicos llamados de multiservicio o PABX, se vieron los primeros avances en el área de los edificios inteligentes. Estos novedosos sistemas de comunicación permitían la transmisión de datos numéricos y la conversación telefónica simultáneamente, ya que este último servicio era monopolizado hasta 1984 por la compañía de comunicaciones AT&T. En este mismo año se originó en los Estados Unidos la primera aproximación de lo que se denomina hoy en día Domótica. El proyecto llamado "Smart House" fue dirigido por la NAHB ("National Association of Home Builders"), la cual estaba integrada por constructores de casas unifamiliares que crearon una fundación para impulsar el desarrollo de la casa inteligente [47]

El concepto de edificios automatizados en Asia, particularmente en Japón, se desarrolló hacia el año 1987, empleando las tecnologías de información con el objetivo de lograr espacios que proporcionaran un ambiente confortable y estimulante, haciéndolos más competitivos dentro del mercado.
La automatización de las tareas del hogar es un tema muy reciente. Actualmente se permite a los usuarios una mayor comodidad, ahorro de energía y de dinero al momento de desarrollar, implementar y utilizar las tecnologías residenciales.
Inicialmente, el control de los aparatos se hacía enviando señales a través de la red eléctrica; luego evolucionó la forma de comunicación y control de los procesos domésticos hasta utilizar emisores y receptores más avanzados, que reciben la señal y la transforman en la acción determinada.[48]

2.2.2 Domótica

El término Domótica viene del latín "domus" que significa casa y de la palabra "automática", por lo tanto la Domótica se refiere a una casa automática o como se le ha llamado más comúnmente una casa inteligente. En inglés a la Domótica se le conoce más como "home networking" o "smart home". Una casa inteligente es aquélla cuyos elementos o dispositivos están integrados y automatizados a través de una red (principalmente Internet) y que a través de otro dispositivo remoto o inclusive interno se pueden modificar sus estados o los mismos dispositivos están diseñados para realizar ciertas acciones cuando han detectado cambios en su propio ambiente.[49]

---

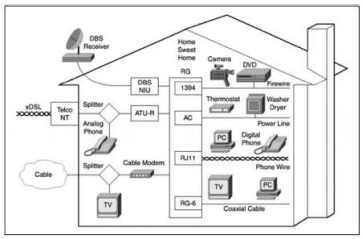
[47] Álzate Builes, F. J. (2003) Domótica e Inmótica: módulos instruccionales para la formación profesional. [Tesis Especialista en Automática] UPB Escuela de ingenierías. Medellín. pp. 1.
[48] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 32.
[49] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 32.

La enciclopedia Larousse definía en 1988 el término Domótica como: "el concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones, etc.”. Una definición más técnica del concepto sería: "conjunto de servicios de la vivienda garantizado por sistemas que realizan varias funciones, los cuales pueden estar conectados entre sí y a redes interiores y exteriores de comunicación. Gracias a ello se obtiene un notable ahorro de energía, una eficaz gestión técnica de la vivienda, una buena comunicación con el exterior y un alto nivel de seguridad"[50]

Para que un sistema pueda ser considerado "inteligente" ha de incorporar elementos o sistemas basados en las Nuevas Tecnologías de la Información (NTI) que van surgiendo día a día. El uso de las NTI en una casa genera nuevas aplicaciones y tendencias basadas en la capacidad de proceso de información y en la integración y comunicación entre los equipos e instalaciones. [51]

La definición de casa domótica o inteligente presenta múltiples versiones en diferentes países e idiomas, pero los términos más utilizados son: "casa inteligente" (smart house), automatización de viviendas (home automation), domótica (domotique), sistemas domésticos (home systems), entre otros.
De manera general, un sistema domótico dispondrá de una red de comunicación y diálogo que permite la interconexión de una serie de equipos a fin de obtener información sobre el entorno doméstico y, basándose en ésta, realizar unas determinadas acciones sobre dicho entorno. El funcionamiento de una casa inteligente consistiría a grandes rasgos de lo siguiente: los elementos de campo (detectores, sensores, captadores, etc.), transmitirán las señales a una unidad central inteligente que tratará y elaborará la información recibida. En función de dicha información y de una determinada programación, la unidad central actuará sobre determinados circuitos de potencia relacionados con las señales recogidas por los elementos de campo correspondientes. [52]

Figura 41 Esquema de una casa conectada a la red.



Fuente tomada de: http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5579/2/142342.pdf

[50] Junestrand S, Passaret X, Vázquez D. (2004) Domótica y hogar digital. Editorial Paraninfo.
[51] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 33
[52] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 33

A continuación se detallan las diferentes definiciones que han ido tomando el término Domótica en los últimos años:

- La nueva tecnología de los automatismos de maniobra, gestión y control de los diversos aparatos de una vivienda, que permiten aumentar el confort del usuario, su seguridad y el ahorro en el consumo energético.
- Un conjunto de servicios en las viviendas, asegurados por sistemas que realizan varias funciones, pudiendo estar conectados, entre ellos, y a redes internas y externas de comunicación.
- La informática aplicada a la vivienda. Agrupa el conjunto de sistemas de seguridad y de la regulación de las tareas domésticas destinadas a facilitar la vida cotidiana automatizando sus operaciones y funciones [53]

Una característica de las casas inteligentes es que deben tener la flexibilidad para asumir modificaciones de manera conveniente y económica.

Desde el punto de vista computacional, una Casa Inteligente sugiere la presencia de sistemas basados en técnicas de inteligencia artificial, programados, sistemas distribuidos, capaces de:

- Tomar las decisiones necesarias en un caso de emergencia.
- Predecir y auto diagnosticar las fallas que ocurran dentro de la casa.
- Tomar las acciones adecuadas para resolver dichas fallas en el momento adecuado.
- Monitorear y controlar las actividades y el funcionamiento de las instalaciones de la casa. [54]

2.2.2.1 Características de una casa inteligente.

Las principales características generales de una casa inteligente son las siguientes:

- **Integración.**

  Todo el sistema funciona bajo el control de una computadora. De esta manera, los usuarios no tienen que estar pendientes de los diversos equipos autónomos, con su propia programación, indicadores situados en diferentes lugares, dificultades de interconexión entre equipos de distintos fabricantes, etc.

[53] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 34

[54] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 35

- **Interrelación.**

Una de las principales características que debe ofrecer un sistema domótico es la capacidad para relacionar diferentes elementos y obtener una gran versatilidad y variedad en la toma de decisiones. Así, por ejemplo, es sencillo relacionar el funcionamiento del aire acondicionado con el de otros electrodomésticos, con la apertura de ventanas, o con que la vivienda esté ocupada o vacía, etc.

- **Facilidad de uso.**

Con una sola mirada a la pantalla de la computadora, el usuario está completamente informado del estado de su casa. Y si desea modificar algo, solo necesitará pulsar un reducido número de teclas. Así, por ejemplo, la simple observación de la pantalla nos dirá si tenemos correo pendiente de recoger en el buzón, las temperaturas dentro y fuera de la vivienda, si está conectado el aire acondicionado, cuando se ha regado el jardín por última vez, si la tierra está húmeda, si hay alguien en las proximidades de la vivienda , etc.

- **Control remoto.**

Las mismas posibilidades de supervisión y control disponibles localmente, (excepto sonido y música ambiental) pueden obtenerse mediante conexión telefónica desde otra computadora en cualquier lugar del mundo. De gran utilidad será en el caso de personas que viajan frecuentemente, o cuando se trate de residencias de fin de semana, etc.

- **Fiabilidad.**

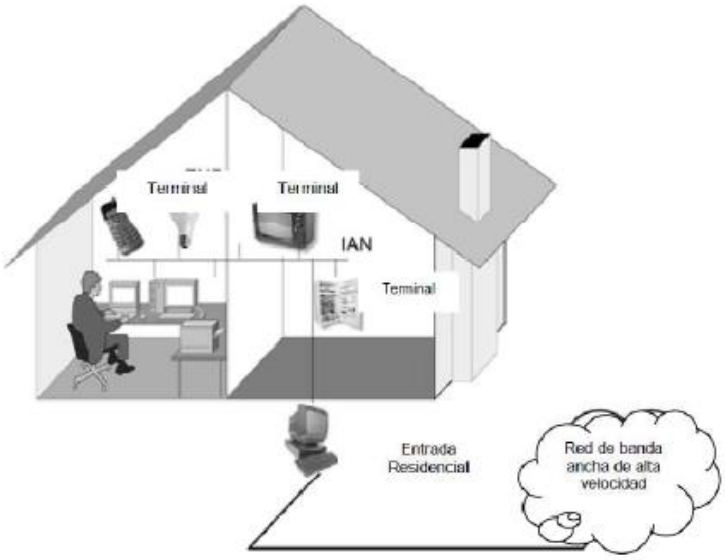
Las computadoras actuales son máquinas muy potentes, rápidas y fiables. Si añadimos la utilización de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida, ventilación forzada de CPU, batería de gran capacidad que alimente periféricos, apagado automático de pantalla, etc. Se debe disponer de una plataforma ideal para aplicaciones domóticas capaces de funcionar muchos años sin problemas.

- **Actualización.**

La puesta al día del sistema es muy sencilla. Al aparecer nuevas versiones y mejoras sólo es preciso cargar el nuevo programa en su equipo. Toda la lógica de funcionamiento se encuentra en el software y no en los equipos instalados. De este

modo, cualquier instalación existente puede beneficiarse de las nuevas versiones, sin ningún tipo de modificación [55]

Figura 42 Infraestructura hogar domótico



Fuente tomada de:
http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5579/2/142342.pdf

- **Objetivos de la domótica**

Usuario:

- Posibilidad de realizar preinstalación del sistema en la fase de construcción.
- Facilidad de ampliación e incorporación de nuevas funciones.
- Sencillo de usar.
- Variedad de elementos de control y funcionalidades disponibles.

Técnicos:

- Tipo de arquitectura (centralizado o distribuido).
- Velocidad de transmisión.
- Medios de transmisión.
- Tipo de protocolo.[56]

[55] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 35-36

[56] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 36

- **Gestión de la domótica.**

La Domótica se encarga de gestionar principalmente los siguientes cuatro aspectos del hogar:

- **Energía eléctrica.**

Un sistema domótico se encarga de gestionar el consumo de energía, mediante temporizadores, relojes programadores, termostatos, etc. También se aprovecha de la tarifa nocturna mediante acumuladores de carga. La iluminación es la segunda fuente de consumo de energía eléctrica en la mayoría de los edificios. Con la Automatización y Control de la iluminación se trata de conseguir el máximo confort, con el mínimo consumo de energía posible. El control de la iluminación en un edificio se hace no solo por zonas, sino también por puntos de luz individual. Otra gran diferencia entre la iluminación y la calefacción es que el cambio de la iluminación es instantáneo, mientras el cambio de la climatización normalmente es más lento. La forma de encender y apagar la iluminación puede automatizarse, bajo distintas posibilidades de control, en función de las necesidades de los usuarios. La necesidad de luz en un recinto se decide a base de:[57]

- La Actividad que se está realizando, por ejemplo en el salón puede ser deseable aprovechar toda la potencia de la iluminación al estar charlando entre amigos, mientras en la misma estancia solo se desea 25% de la capacidad de la misma iluminación al ver una película en la televisión. Y cuando no está nadie la necesidad de luz es cero.

- El individuo que realiza la actividad, distintas personas pueden necesitar distintas cantidades de luz, dependiendo de por ejemplo la edad.

- La hora, ya que un pasillo en una casa a lo mejor solo se desea 30% de la capacidad de la luz durante las horas nocturnas, en comparación de lo que se necesitas durante el día.[58]

Además para muchas tareas hace falta tanto luz general como luz puntual. Por ejemplo en un espacio de oficina la luz general es suficiente para zonas de paso, mientras en la mesa es necesario luz puntual para leer documentos, etc.
La iluminación puede ser regulada de forma automática, dependiendo de uno, o combinaciones de varios de los siguientes parámetros:[59]

---

[57] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 37
[58] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 37

- Programación horaria
- Detección de presencia
- Nivel de luminosidad del ambiente, por ejemplo luz del exterior que llega a través de las ventanas. Evitando su encendido innecesario si entra luz suficiente desde el exterior.
- Escenarios, activados por el usuario o activado automáticamente por otros parámetros distintos, que tienen predefinidos distintos parámetros iluminarías, por ejemplo. Modo Televisión, Modo Cena, Modo Noche, Modo Salir de Casa, etc.
- Regulación manual con interfaces como interruptores, mandos a distancia o interfaces Web, sms, etc.[60]

La racionalización de cargas eléctricas se utiliza cuando la demanda de energía eléctrica es, en un momento determinado, superior a la potencia contratada. El sistema de Automatización y el Control controla en todo momento el consumo individual de cada aparato, línea y circuito eléctrico y puede regular y desconectar equipos de uso no prioritario y de significativo consumo eléctrico, según las prioridades dadas al programar el sistema La finalidad es evitar que se interrumpa el suministro energético por actuación de las protecciones, en concreto, por actuación del interruptor de control de potencia y magnetotérmico (ICPM).
Esta aplicación es especialmente interesante cuando existe una electrificación importante, por ejemplo, cuando se dispone de calefacción por suelo radiante y techo de apoyo, termo eléctrico para agua caliente sanitaria, aire acondicionado, etc. Aparte del beneficio descrito con anterioridad, esta aplicación permite también reducir la potencia contratada por el usuario, reduciendo, a su vez, el término fijo de potencia y el coste mensual de la factura eléctrica. La empresa eléctrica también se beneficio evitando grandes piques en momentos críticos de mucho frío o mucho calor.
La gestión de tarifas es otro tema que permite derivar el funcionamiento de equipos de climatización, cuyo uso puede derivarse a horas distintas a las habituales, sin afectar al ritmo de vida de los usuarios a zonas horarias con ventajas económicas en tarifas. Por ejemplo los acumuladores eléctricos para generación de agua caliente sanitaria, lavadoras o lavavajillas, sistemas de calefacción eléctrica por acumulación (acumuladores dinámicos o estáticos, suelo radiante, etc.), son algunos ejemplos de equipos cuyo funcionamiento puede derivarse a horas nocturnas, aprovechando las condiciones económicas de esta tarifa eléctrica.[61]

---

[59] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 38
[60] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 39
[61] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 40-41

Confort

La Domótica nos proporciona una serie de comodidades, como pueden ser el control automático de los servicios de:

- Calefacción
- Agua caliente
- Refrigeración
- Iluminación, entre otros.

Además de la gestión de elementos como accesos, persianas, ventanas, sistemas de riego automático con sensores de humedad, etc.[62]

Seguridad

La seguridad que nos proporciona un sistema domótico es más amplia que la que nos puede proporcionar cualquier otro sistema, pues integra tres campos de la seguridad que normalmente están controlados por sistemas distintos:

- Seguridad de los bienes: gestión del control de acceso y control de presencia, así como la simulación de presencia.
- Seguridad de las personas: especialmente para las personas mayores, personas minusválidas y enfermas. Se puede tener acceso mediante un nodo telefónico por ejemplo hacia la policía.
- Incidentes y averías: mediante sensores, se pueden detectar los incendios y las fugas de gas y agua, y por ejemplo, por medio del nodo telefónico desviar la alarma hacia los bomberos. También se pueden detectar averías en los accesos, en los ascensores, etc.[63]

Comunicaciones

La Domótica tiene una característica fundamental, que es la integración de sistemas, por eso hay nodos que interconectan la red domótica con diferentes dispositivos, como la red telefónica, el videoteléfono, etc. Como nueva tecnología, las redes domóticas están

[62] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 41

[63] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 41

preparadas para la conexión a servicios como por ejemplo la TV por satélite, servicios avanzados de telefonía, compra vía Internet, etc. [64]

Sistema de control

Es el elemento encargado de recoger toda la información proporcionada por los sensores distribuidos en los distintos puntos de control de la vivienda procesarla y generar ordenes que ejecutaran los actuadores e interruptores.
El sistema de control centralizado deberá ubicarse cerca de un enchufe, pues requiere, por lo general, alimentación de la red eléctrica. Para evitar la caída de la centralita ante un fallo de potencia, esta suele incluir también pilas de litio de larga duración.
La información recibida de los sensores en la unidad de control centralizada se trata según un algoritmo introducido en la memoria del sistema; además, la unidad de control es capaz de proporcionar información del estado del sistema al operador. Por tanto, el operador tiene la posibilidad de intervenir en el proceso, o bien tomar el mando completo del mismo. Las acciones a tomar serán enviadas a los distintos actuadores, con el fin de se produzca la respuesta deseada.[65]

- **Tipos de arquitectura de control**

Para definir la ubicación de los diferentes elementos de control en un sistema es necesario definir la arquitectura y ubicación de estos, siendo la prioridad cumplir con los objetivos de control que se han trazado. Existen dos arquitecturas básicas para un sistema de control: la arquitectura centralizada y la distribuida.

Arquitectura centralizada

En este tipo de arquitectura tiene una topología de interconexión tipo estrella. Así, el sistema domótico posee un elemento de control central que es el encargado de manejar todas las señales de control de los diversos dispositivos y a su vez todos los dispositivos están conectados hacia él, por tanto si este elemento central falla o simplemente deja de funcionar, todo el sistema de control colapsa en su totalidad. Generalmente en este tipo de arquitectura el elemento central no tiene un elemento central redundante. [66]

---

[64] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 42
[65] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 42
[66] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 48.

Arquitectura distribuida

Para esta arquitectura, el sistema de control se sitúa próximo al elemento a controlar dando al sistema domótico gran flexibilidad porque si uno de los dispositivos no puede ser controlado no significa que otros no. Los factores más influyentes para la utilización de este tipo de arquitectura son los medios de transmisión, la velocidad en las comunicaciones, el tipo de protocolo por lo tanto estas son algunas características a tener en cuenta si se quiere implementar una arquitectura de esta índole.[67]

- **Interfaz de usuario**

La interfaz gráfica de usuario, conocida también como GUI (del inglés graphical user interface) es un programa informático que actúa de interfaz de usuario, utilizando un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz. Su principal uso, consiste en proporcionar un entorno visual sencillo para permitir la comunicación con el sistema operativo de una máquina o computador.[68]

- **Protocolos de control**

Los protocolos de comunicaciones, no es otra cosa que el 'idioma' o formato de los mensajes que los diferentes elementos de control del sistema deben utilizar para entenderse unos con otros y que puedan intercambiar su información de una manera coherente. Algunos de los protocolos más importantes orientados hacia viviendas inteligentes son: X-10, EIB, HOMEAPI, LONWORKS, JINI, UNPN.[69]

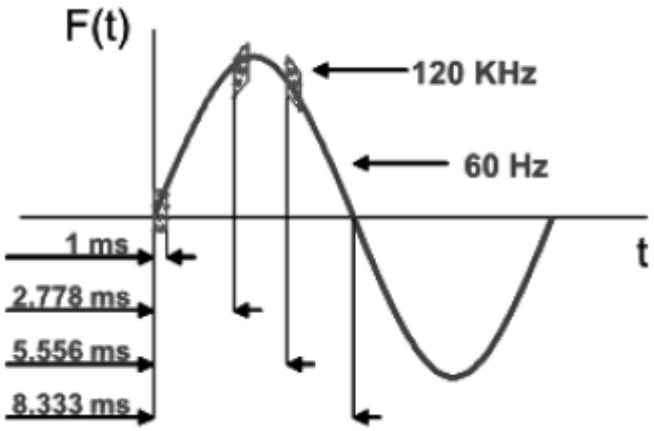
X-10

El protocolo X-10 es un protocolo orientado hacia la utilización de la red eléctrica de las viviendas. Allí se utilizan corrientes portadoras para controlar cualquier dispositivo a través de la línea de corriente doméstica (120 ó 220 v. y 50 ó 60 Hz), y se hace modulando impulsos de 120 KHz como se ve en la Figura 41 (ausencia de este impulso=0, presencia de este impulso=1).[70]

---

[67] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 48.
[68] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 44
[69] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 44
[70] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 49.

Figura 43 Sistema X-10



Fuente tomada de: http://www.redalyc.org/pdf/643/64325207.pdf

Con este protocolo se maneja un direccionamiento sencillo que se puede utilizar en la red para identificar cualquier elemento. El protocolo tiene un margen de acción que contempla 16 grupos de direcciones llamados housecodes y 16 direcciones individuales llamadas unit codes. Este protocolo posee tramas de datos que son ceros y unos agrupados formando comandos; con esta agrupación se pueden formar hasta 6 acciones para el dispositivo que son: encendido, apagado, reducir, aumentar, todo encendido, todo apagado.

Las señales que se envían al interior del hogar son recibidas por todos los módulos, pero de acuerdo a la dirección sólo actúan sobre el dispositivo al que va dirigida la acción (los primeros bits de la señal son el identificador del módulo de este modo se sabe dónde está el dispositivo a controlar).

Características principales de X10

· Es un estándar debido a las características de la corriente doméstica (120 ó 220 v. y 50 ó 60 Hz).[71]

Es Flexible y fácil de usar gracias a como está constituida la red en el hogar.

- No hay que configurar nada para que entre en funcionamiento (Plug and Play).
- Da como resultado Confort y diversión.
- Es una tecnología que aprovecha la red eléctrica que ya está instalada al interior de la vivienda.
- Modularidad y capacidad de crecimiento, con componentes fáciles de instalar y que no requieren cableados especiales.
- Capacidad de inter-funcionamiento entre productos.[72]

[71] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 49.

[72] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 49.

El protocolo X-10, no es propietario, es decir, cualquier fabricante puede producir dispositivos X-10 y venderlos, pero está obligado a usar los circuitos de control que han sido diseñados por el fabricante de esta tecnología.[73]

EIB (European Installation Bus)

European Installation Bus o EIB es un sistema domótico desarrollado bajo el aval y supervisión de Unión Europea con el objetivo de evitar las importaciones de productos similares que se estaban produciendo en el mercado japonés y el norteamericano donde esta clase de tecnología se ha desarrollado antes que en Europa.2
Es un estándar europeo que define una relación extremo a extremo entre los dispositivos permitiendo distribuir la inteligencia entre los sensores y los actuadores instalados en la vivienda.
Una arquitectura EIB puede llegar a tener 11520 componentes conectados al mismo Bus, para que funcione correctamente se divide en áreas o zonas, y dentro de estas zonas se subdivide en líneas. En un modelo EIB pueden llegar a existir 15 áreas o Zonas. En cada una de ellas pueden albergarse como máximo 12 líneas. Y cada línea puede contener hasta 64 componentes por lo tanto:[74]

Ecuación 1

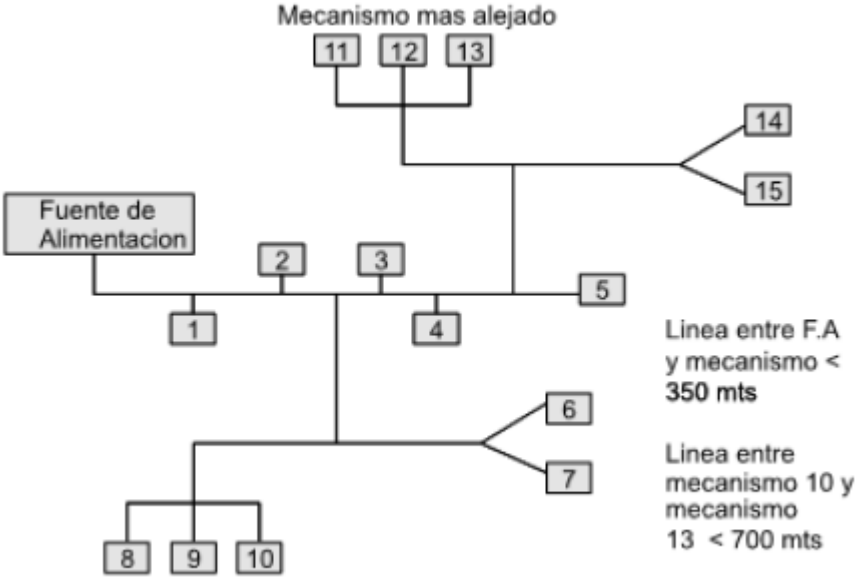
$$15\frac{\text{áreas}}{\text{Instalación}} * 12\frac{\text{Líneas}}{\text{área}} * 64\frac{\text{Componentes}}{\text{línea}} = 11520\frac{\text{Componentes}}{\text{Instalación}}$$

Fuente tomada de: http://www.redalyc.org/pdf/643/64325207.pdf

El sistema EIB permite mediante la instalación de algunos amplificadores o repetidores optimizar su sistema hasta 256 dispositivos por línea, pero para evitar las colisiones entre telegramas enviados se utiliza la técnica CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access) garantizando el acceso libre de colisiones fortuitas en la línea bus y sin ninguna pérdida de datos.
Es de agregar que el sistema utiliza una fuente de alimentación de 640mA por línea, y se estima un consumo medio de 10 mA por componente (para el sistema sin amplificadores), pero si el sistema es de 255 componentes la corriente utilizada aumenta considerablemente en la Figura 42 se ejemplariza el modelo EIB.[75]

[73] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 49.
[74] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 49.
[75] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 49.

Figura 44 El sistema EIB



Fuente tomada de: http://www.redalyc.org/pdf/643/64325207.pdf

La situación de los componentes dentro de la vivienda determina lo que se denomina la Dirección física. La dirección física consta de tres números o en su defecto 16 Bits y son respectivamente, el número de área o zona (4 Bits), número línea (4 Bits) y número de componentes (8 Bits).[76]

Konnex

Esta es la iniciativa de tres asociaciones Europeas (EIBA, EHSA y BCI) con el objetivo de aunar los esfuerzos de muchos fabricantes de sistemas domóticos del mercado Europeo. El modelo Konnex es el paso evolutivo lógico que trata de concentrar toda la experiencia y conocimientos de los principales estándares europeos EIB, EHS, BatiBus (modelo que de acuerdo a la convergencia esta ya dentro de Konnex).
Este sistema es impulsado altamente para competir contra el mercado norteamericano que se encuentra en dominios de Lonworks. El CENELEC (European Comité for Electrotechnical Standarization) lo ha aprobado con la norma EN-50090. En si el modelo Konnex se basa en el modelo EIB y expande su funcionalidad añadiendo nuevos medios físicos y modos de configuración BatiBus y EHS.
Contempla tres modos de trabajo que pueden seleccionarse dependiendo del nivel de competencia de cada instalador:[77]

[76] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 50.
[77] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 50.

- Modo S. (Modo sistema): Este modelos sigue la misma configuración que el EIB actual, esto es, los diversos dispositivos o nidos de la nueva instalación son instalados por profesionales con ayuda de software.
- Modo E. (Modo fácil Easy): Aquí los dispositivos son programados en fábrica para realizar una función concreta. También requieren alguna configuración por parte de un controlador central.
- Modo A (Modo Automático): Se sigue una filosofía plug and play, es decir que no se tiene que configurar el dispositivo.[78]

Por otro lado Konnex puede funcionar por cuatro medios físicos distintos:

- Par trenzado (TP1 y TP0)
- Corrientes Portadoras (PL100 y PL132)
- Ethernet (IP)
- Radiofrecuencia (RF)[79]

La posibilidad de utilizar medios físicos distintos permite a los instaladores adaptar la red a condiciones más favorables para el usuario final. Konnex está basado en el modelo de EIB, siendo compatible con los distintos productos elaborados por varias de las firmas productoras de componentes EIB.[80]

Lonworks

Es un sistema de control domótico propietario presentada por la firma Echelon en 1992. Debido a su costo los dispositivos Lonworks no han tenido una implantación masiva en los hogares. Lonworks es un sistema americano que esta mas implantado en Estados Unidos que en Europa.
Los fabricantes de dispositivos Lonworks deben emplear en cada uno de sus dispositivos un microcontrolador especial que le denominan Neuron Chip. Este circuito integrado al igual que el firmware que implementa el protocolo Lontalk utilizado en los nodos Lonworks para comunicarse, fueron desarrollados por ECHELON en 1990. Una ventaja importante de Lonworks respecto a otras tecnologías es que implementa el modelo de referencia OSI. De este modo servicios tales como el reenvío automático tras una pérdida de trama o la autenticación del emisor de la trama, están completamente implementadas en la solución Lonworks.[81]

---

[78] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 50.
[79] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 50.
[80] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 50.
[81] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 50.

JINI

Esta tecnología de Sun Microsystems permite descubrir nuevos dispositivos que se van incorporando a la red del hogar mediante cualquier medio.
JINI permite utilizar servicios y dispositivos de red de manera tan fácil como utilizar una conexión telefónica, es decir, permite conectarse y participar por medio de un tono de marcado en red. La meta de JINI es simplificar interacción en la red.
JINI aprovecha la tecnología JAVA y consiste en una pequeña cantidad de este código en forma de librerías de clases y algunas convenciones para crear una "federación" de maquinas JAVA virtuales en la red, similar a la creación de una comunidad.
Los usuarios navegantes de la red, tales como usuarios, dispositivos, datos, y aplicaciones, se conectan dinámicamente para compartir información y realizar tareas, convirtiéndose en una unidad lógica de información de red.
Cada aparato de esta red tiene en principio dos conexiones: el enchufe a la red eléctrica y una ficha de conexión del tipo RJ-45. Está pensado para ejecutarse en periféricos pero puede hacerlo en potentes ordenadores, cámaras, teléfonos o cualquier dispositivo electrónico que se nos ocurra. [82]

TCP/IP

La mayoría de los protocolos domóticos han sido especialmente creados para implementar redes de control distribuidas (Lonworks, EIB, X-10), las tramas fueron diseñadas de forma que el espacio útil para datos de las aplicaciones fuera el máximo. Por ejemplo para encender y apagar una luz basta con una orden codificada en un par de octetos. Por lo tanto, se trata de minimizar los campos de control que el protocolo necesita para transferir estos dos octetos al dispositivo destino.
TCP/IP está siendo usado en infinidad de computadoras y aplicaciones, de forma que ha conseguido un volumen de negocio tal que ha hecho de este protocolo la herramienta ideal para asegurar la interconectividad total entre máquinas en cualquier parte del mundo y con esto se puede hablar cada vez mas de viviendas inteligentes.
Luego de haber visto algunos de los protocolos que forman parte de la domótica se entrará en los sistemas microprocesados de control que son usados para todos los dispositivos que están en el interior de la vivienda inteligente.[83]

- **Medios de transmisión.**

En todo sistema domótico con arquitectura distribuida, los diferentes elementos de control deben intercambiar información unos con otros a través de un soporte físico

[82] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 50-51
[83] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 51

(cableado) o utilizando el espectro electromagnético. Algunos tipos de medios de transmisión son: [84]

Líneas de distribución de energía eléctrica

Es una alternativa a tener en cuenta para las comunicaciones domésticas dado el bajo coste que implica su uso, ya que se trata de una instalación existente. Para aquellos casos en los que las necesidades del sistema no impongan requerimientos muy exigentes en cuanto a la velocidad de transmisión, la línea de distribución de energía eléctrica puede ser suficiente como soporte de dicha transmisión. Algunas características de este medio son:[85]

- Nulo coste de la instalación.
- Facilidad de conexión.
- Poca fiabilidad en la transmisión de los datos.
- Baja velocidad de transmisión.[86]

Este tipo de sistema de medios de transmisión consta de:

- Unidad de control: encargada de gestionar el protocolo, almacenar las órdenes y transmitirlas a la red.
- Interface: conexión de los equipos, es el elemento que recibe las órdenes de la unidad de control y las ejecuta.
- Filtro: para evitar que las señales puedan dañar la red eléctrica exterior a la casa. [87]

Fibra óptica

La fibra óptica es el resultado de combinar dos disciplinas no relacionadas, como son la tecnología de semiconductores (que proporciona los materiales necesarios para las fuentes y los detectores de luz), y la tecnología de guiado de ondas ópticas (que proporciona el medio de transmisión, el cable de fibra óptica).
La fibra óptica está constituida por un material dieléctrico transparente, conductor de luz, compuesto por un núcleo con un índice de refracción menor que el del revestimiento, que envuelve a dicho núcleo. Estos dos elementos forman una guía para

[84] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 52
[85] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 52
[86] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 52
[87] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 52

que la luz se desplace por la fibra. La luz transportada es generalmente infrarroja, y por lo tanto no es visible por el ojo humano.

Algunas de sus características son:

- Fiabilidad en la transferencia de datos.
- Inmunidad frente a interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencias
- Alta seguridad en la transmisión de datos.
- Distancia entre los puntos de la instalación limitada, en el entorno doméstico estos problemas no existen.
- Elevado coste de los cables y las conexiones.
- Transferencia de gran cantidad de datos.

Conexión sin hilos[88]

Infrarrojos.

El uso de comandos a distancia basados en transmisión por infrarrojos está ampliamente extendido en el mercado residencial para controlar equipos de Audio y Vídeo. La comunicación se realiza entre un diodo emisor que emite una luz en la banda de IR, sobre la que se superpone una señal, convenientemente modulada con la información de control, y un fotodiodo receptor cuya misión consiste en extraer de la señal recibida la información de control.

Los controladores de equipos domésticos basados en la transmisión de ondas en la banda de los infrarrojos tienen las siguientes ventajas:

- Comodidad y flexibilidad.
- Admiten gran número de aplicaciones.

Al tratarse de un medio de transmisión óptico es inmune a las radiaciones electromagnéticas producidas por los equipos domésticos o por los demás medios de transmisión.[89]

Radiofrecuencias.

La introducción de las radiofrecuencias como soporte de transmisión en la vivienda, ha venido precedida por la proliferación de los teléfonos inalámbricos.
Este medio de transmisión puede parecer, en principio, idóneo para el control a distancia de los sistemas domóticos, dada la gran flexibilidad que supone su uso.
Sin embargo resulta particularmente sensible a las perturbaciones electromagnéticas producidas, tanto por los medios de transmisión, como por los equipos domésticos.

---

[88] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 52

[89] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 53

Algunas características son:

- Alta sensibilidad a las interferencias.
- Fácil intervención de las comunicaciones.
- Dificultad para la integración de las funciones de control y comunicación, en su modalidad de transmisión analógica.[90]

2.2.3 Viviendas inteligentes.

En la domótica, las aplicaciones son muy variadas basadas en el concepto de vivienda inteligente, en ellas se puede hallar dispositivos de autonomía general que realizan sus procedimientos sin la necesidad de la intervención humana, como por ejemplo refrigeradores inteligentes que avisan al usuario la ausencia de alimentos y/o toman la decisión de solicitar a domicilio los alimentos necesarios vía Internet por un requerimiento del elaborado por el horno microondas que eligió preparar una receta especial para el almuerzo.

Así mismo sucede con los sistemas de control de acceso para la casa digital, donde gracias a procesos como digitalización de señales y dispositivos de análisis biométricos (identificación de huellas, retina) es posible administrar y gestionar procesos de vigilancia en cuanto a la seguridad del hogar, como por ejemplo realizar tareas de comparación y/o generación de bases de datos de las características fisiológicos fundamentales de las personas autorizadas para ingresar a áreas comunes restringidas o de la vivienda en general, logrando con ello un sistema inteligente de vigilancia. En la Figura 45 se muestra un sistema domótico centralizado para una vivienda inteligente en el cual se interconectan las distintas redes que hacen parte de los sistemas de telecomunicaciones.[91]

Figura 45 Sistema domótico centralizado para vivienda inteligente.

Fuente tomada de: http://www.redalyc.org/pdf/643/64325207.pdf

[90] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 53

[91] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 52

Las principales aplicaciones de la domótica son las siguientes dentro del interior del hogar.

- Control local y remoto de la iluminación en la vivienda
- Iluminación por detección de presencia
- Automatización de persianas y toldos
- Control y gestión de la energía
- Acceso electrónico al hogar porteros digitales (Televigilancia) en seguridad se pueden utilizar sistemas biométricos.
- Control y monitoreo de alarmas técnicas como detección de fugas de agua, gas, humo.
- Sistemas de mensajería si algo sucede en el hogar
- Realización de acciones preventivas automáticas cierre de persianas corte de la energía entre otros
- Climatización
- Control del aire acondicionado para regular la temperatura dentro de la vivienda
- Control de riego
- Control y diagnóstico de electrodomésticos y ahorro de energía
- Encendido y apagado remoto de electrodomésticos[92]

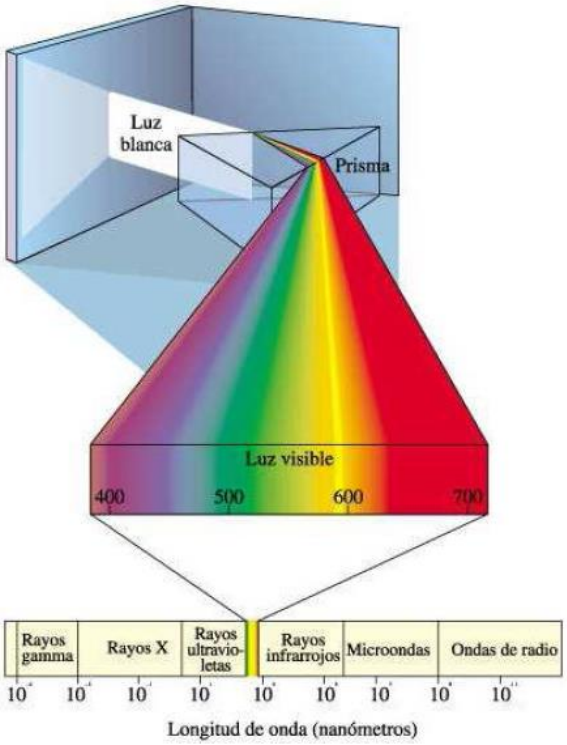
2.2.4 Iluminación

- **Naturaleza física de la luz**

La luz es una forma de radiación electromagnética, llamada energía radiante, capaz de excitar la retina del ojo humano y producir, en consecuencia, una sensación visual.
El concepto de luz como lo conocemos tiene absoluta relación antropológica y es a través de ella que el hombre se conecta visualmente con el mundo que lo rodea.
La luz que se percibe tiene dos Orígenes: los cuerpos incandescentes (cuerpos calientes como el sol, los astros o una llama) y los cuerpos iluminantes (cuerpos fríos como los objetos en nuestro medio y que reflejan luz). El espectro visible es la porción del espectro electromagnético percibida por el ojo humano, y comprende las emisiones radiantes de longitud de onda desde los 380nm hasta los 780nm. La luz blanca percibida es una suma de todas las longitudes de onda visibles. El espectro visible se puede descomponer en sus diferentes longitudes de onda mediante un prisma de cuarzo, que refracta las distintas longitudes de onda selectivamente.[93]

[92] Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación, 58, pp. 51
[93] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 56

Figura 46 Naturaleza de la luz



Fuente tomada de: http://www.fisicanet.com.ar/biologia/metabolismo/ap18_la_luz.php

Pueden diferenciarse distintos modelos de espectros:

- Espectros continuos, como el que se obtiene al descomponer la luz solar y el de las emisiones lumínicas producidas por cuerpos sólidos (incandescencia).
- Espectros de lineales, como el que se obtiene de lámparas con emisiones lumínicas producidas a través de descarga de gases o cuerpos gaseosos en general.[94]

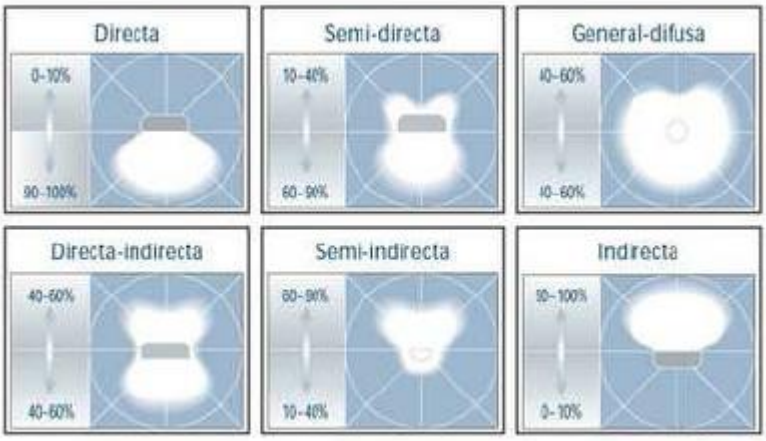
- **Iluminación**

La iluminación es la acción o efecto de iluminar. En la técnica se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos. Con la iluminación se pretende, en primer lugar conseguir un nivel de iluminación, o iluminancia, adecuado al uso que se quiere dar al espacio iluminado, nivel que dependerá de la tarea que los usuarios hayan de realizar.[95]

[94] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 56

[95] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 56

Figura 47 Clasificación por flujo luminoso



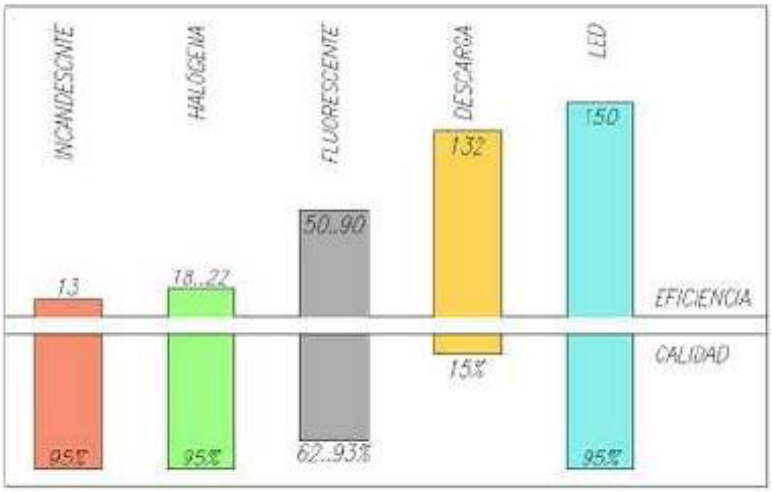
Fuente tomada de: http://cesarminaya-cesarminaya.blogspot.com.co/p/manual-de-procedimientos-para-la.html

- EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN

El rendimiento lumínico de las lámparas incandescentes es de 10 lumen / vatio.
Las halógenas 20 lumen / vatio. Su vida útil de 1000 a 2000 horas. Las lámparas de mercurio de alta presión alcanzan un rendimiento de 40 a 55 lumen / vatio y su duración de vida es de 15000 horas. Se utilizan en la iluminación pública o de grandes espacios.
Las lámparas de mercurio halogenadas incluyen un aditivo de halogenuro metálico que agrega más bandas de emisión, con lo cual su rendimiento lumínico alcanza los 80 lumen / vatio. Se usan para alumbrado interior o exterior de fachadas, monumentos.
Las lámparas de sodio de alta presión alcanzan un rendimiento de 100 a 120 lumen / vatio, con una duración de vida de hasta 16000 horas. Se usan en alumbrado público.
Los tubos fluorescentes tienen un rendimiento de 60-80 lumen / vatio, con una duración de vida de 10000 horas. Utilizados en iluminación interior.
Las bombillas de bajo consumo, propiamente denominadas "compact fluorescent lamp" - CFL tienen un rendimiento algo menor que el de un fluorescente clásico, 55 lumen / vatio. Los diodos emisores de luz (LED) alcanzan un rendimiento de 50 lumen / vatio y se usan en iluminación de interiores, lámparas de estudio, vitrinas y en usos arquitecturales.
Existen diversas tecnologías de control de la iluminación: regulación de potencia, sensores de proximidad, combinación luz natural - luz artificial, doble iluminación e iluminación selectiva. [96]

[96] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga pp. 59

Figura 48 Tipos de Iluminación artificial

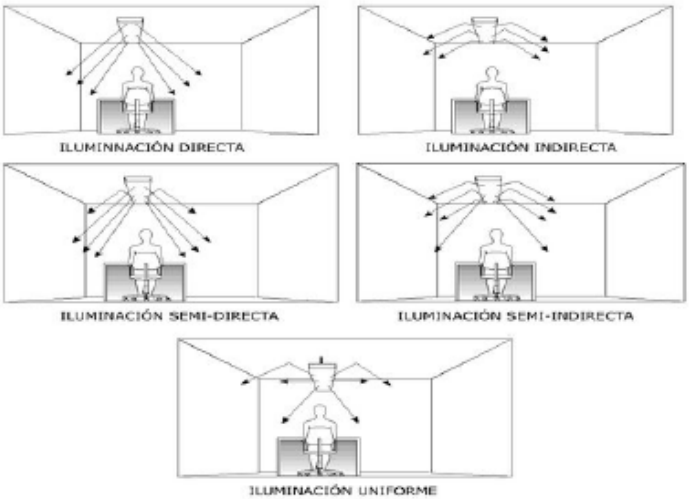


http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5579/2/142342.pdf

- AMBIENTACIÓN LUMÍNICA

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente ya que hace posible la visión del entorno, pero además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación y afectar el rendimiento visual, estado de ánimo y motivación de las personas. El diseño de iluminación requiere comprender la naturaleza (física, fisiológica y psicológica) de esas interacciones y además, conocer y manejar los métodos y la tecnología para producirlas, pero fundamentalmente demanda una fuerte dosis de intuición y creatividad para utilizarlas.

Figura 49 Distribución espacial de flujo luminoso



http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5579/2/142342.pdf

Visto desde una perspectiva globalizadora, el diseño de iluminación puede definirse como la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la relación entre el usuario y su medio ambiente. Esto implica tener en cuenta diversos aspectos interrelacionados y la integración de técnicas, resultados, metodologías y enfoques de diversas disciplinas y áreas del conocimiento, como la física, la ingeniería de edificios, la arquitectura, el gerenciamiento energético y ambiental, la psicología, la medicina, el arte, etc. Por ello, la solución a una demanda específica de iluminación debe ser resuelta en un marco interdisciplinario.
Hasta no hace mucho el diseño de iluminación implicaba suministrar luz en cantidades apropiadas a fin de posibilitar la realización de las tareas con alto rendimiento visual. El aspecto cualitativo se limitaba, eventualmente, a eliminar o reducir posibles efectos de deslumbramiento. Sin embargo, el descubrimiento de que la luz no sólo afecta las capacidades visuales de las personas sino también su salud y bienestar, por un lado, el vertiginoso desarrollo tecnológico de fuentes luminosas, dispositivos ópticos y sistemas de control y la necesidad de utilizar los recursos energéticos de manera más eficiente, por otro, le dieron al concepto de diseño un perfil notablemente más cualitativo.
Teniendo en cuenta ese nuevo enfoque, se puede decir que un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales, crea también ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, emplea apropiadamente los recursos tecnológicos (fuentes luminosas, luminarias, sistemas ópticos, equipos de control, etc.), hace un uso racional de la energía para contribuir a minimizar el impacto ecológico y ambiental; todo esto por supuesto, dentro de un marco de costos razonable, que no solamente debe incluir las inversiones iníciales sino también los gastos de explotación y mantenimiento. [97]

2.2.5 Diseño de interfaces

El diseño de interfaces de usuario es una tarea que ha adquirido relevancia en el desarrollo de un sistema ya que La calidad de la interfaz de usuario puede ser uno de los motivos que conduzca a un sistema al éxito o al fracaso.
La Interfaz de Usuario (IU) es un conjunto de elementos que presentan información y permiten al usuario interactuar con la misma y con la computadora.
En una IU bien diseñada el usuario encontrará la respuesta que espera a su acción; si no es así puede ser frustrante su operación, pues el usuario tiende a culparse por no saber usar el objeto.

- **Etapas del diseño de interfaces.**

- **Diseño de la información**

[97] Raitelli M. (2006) Diseño de la iluminación de interiores. Manual de Iluminación Eficiente. pp. 2 Argentina. http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/eli.html

Aquí es donde comienza cualquier proyecto interactivo. Es el proceso de clarificar sus objetivos comunicativos y organizar su contenido en un diseño que sirva a esos propósitos. Es vender, enseñar, contar una historia o, sencillamente, informar de la manera más eficaz posible. No existe una fórmula para diseñar productos interactivos. Pero no hay ningún producto interactivo que no se beneficie de unos objetivos claramente expresados, un público bien definido y un plan de diseño centrado.[98]

Estos son los aspectos básicos del diseño de la información:

- Definición del Producto
- Público y entorno
- Investigación de Mercados
- Opciones de desarrollo
- Materias primas
- Planificación
- Organización
- El diagrama de flujo

- **Diseño de la interacción**

La interacción de un producto informático significa que el usuario, no el diseñador, controla la secuencia, velocidad y, lo más importante lo que mirar y lo que ignorar.
Este es el punto de partida del diseño de la interacción: decidir exactamente dónde y cuándo darle control al usuario. La base de todo diseño de la interacción es comprender lo que el usuario quiere hacer en un momento dado.[99]

En el proceso del diseño de la interacción tiene que convertir el diagrama de flujo (que sólo muestra el contenido y la estructura) en un guión (que muestre las rutas y controles también), es decir transformar la información en una experiencia.
Cuanto más control interactivo le proporcione a sus usuarios, más complejo será desarrollar el producto.[100]

---

[98] Rodríguez Molina E. O. (2007) Diseño e implementación de una interfaz de usuario para la herramienta software multimedia de apoyo a la enseñanza y aprendizaje de la música en niños de cinco a siete años de edad. [Titulo de Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de ingenierías físico mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga. Tomado de : http://repositorio.uis.edu.co/jspui/handle/123456789/5634

[99] Rodríguez Molina E. O. (2007) Diseño e implementación de una interfaz de usuario para la herramienta software multimedia de apoyo a la enseñanza y aprendizaje de la música en niños de cinco a siete años de edad. [Titulo de Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de ingenierías físico mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga. Tomado de : http://repositorio.uis.edu.co/jspui/handle/123456789/5634

[100] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga Tomado de : http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5579/2/142342.pdf

- Orientación
- Mapas de imágenes y metáforas
- Navegación
- Niveles de acceso
- Tipos de accesos
- Utilización
- Funcionalidad
- StoryBoard (Guión)

- **Diseño de la presentación**

La presentación es el estilo y el diseño de los elementos en pantalla, el objetivo es identificar las cuestiones de diseño con medios digitales, examinar cada pieza de la interfaz individualmente y preparar una estrategia general para juntar todas las piezas.
El guión es el punto de partida para el diseño de la presentación: representa tanto el contenido del proyecto como sus controles. Ya todos los elementos existen de manera conceptual en el guión, el siguiente paso es desarrollar un lenguaje visual que les dará vida estos elementos, los hará funcionar juntos y soportar las funciones de cada pantalla. Necesita considerar estos aspectos básicos cuando diseñe la pantalla:[101]

- La resolución de la pantalla.
- El color y las paletas de color.
- La compresión de imágenes y videos.
- La conversión de imágenes, textos, sonidos y vídeo a formatos digitales.
- Estos aspectos no solo influyen en la calidad del producto sino en su comportamiento en el ordenador del usuario: velocidad de reproducción en pantalla, cantidad de memoria que se necesita, cantidad de espacio en disco, y otros.

Definir el estilo elementos de la interface:

- El fondo
- Ventanas y paneles
- Botones y Controles
- Iconos
- Imágenes
- Texto
- Vídeo
- Sonido
- Animación

[101] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga Tomado de : http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5579/2/142342.pdf

- Implementación

No importa cuando se empiezan a integrar las piezas de la interfaz en un prototipo. El prototipo es posterior del diseño de la presentación, pero la integración puede comenzar en cualquier momento.
La integración quiere decir agrupar todos los elementos de la interfaz, mediante las herramientas de desarrollo, para crear un marco o armazón estructural para el producto. A medida que desarrolla el contenido y se integran los elementos de diseño, el armazón va reemplazando progresivamente el marco conceptual representado por el diagrama de flujo y el guión.
Construir el armazón significa utilizar la herramienta de desarrollo para producir cada encuadre del guión:[102]

- Creando un lugar en el armazón para representar cada pantalla.
- Importando el contenido, los gráficos y los medios.
- Añadiendo los vínculos de navegación entre las pantallas.
- Creando por lo menos algunos controles de interacción, si lo permiten los recursos.

Se corrigen las fallas y se prueba el funcionamiento de los controles, aquí juega un papel importante los conocimientos del diseñador en medios digitales para corregir, evitar y resolver problemas.

- El Prototipo
- Packaging
- Evaluación

Existen varios métodos para conocer la usabilidad de una herramienta o sistema y todos ellos no son contrapuestos sino complementarios.

- Evaluación heurística
- Test de usabilidad
- Comparaciones
- Conclusiones

2.2.6 Diseño centrado en el usuario

Es la práctica de diseñar productos de forma que sus usuarios puedan servirse de ellos con un mínimo de estrés y un máximo de eficiencia. En el fondo es el nombre que se le

[102] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga Tomado de : http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5579/2/142342.pdf

viene dando en los últimos años a lo que en EEUU se conoce desde hace mucho tiempo como Human Factors Engineering o en Europa como Ergonomía.
Sin embargo el cambio de nombre proviene de algo más que una unificación de criterios. En los últimos años el cliente se ha convertido en el centro de atención de todas las operaciones de una compañía. Así pues la definición antes mencionada involucra a todos los departamentos que participan de una forma u otra en el lanzamiento de un producto. No sólo es un conjunto de técnicas, sino una filosofía de trabajo.[103]

- **Principios del diseño centrado en el usuario**

El diseño, sea cual sea el objeto del mismo, tiene que basarse en el usuario, y el usuario puede ser cualquier individuo (Diseño para Todos). Vamos a ver que los principios del Diseño Centrado en el Usuario no son más que una reformulación de los principios más elementales de la Ergonomía Clásica y de aquellos se derivan, en general, las guías de accesibilidad.

Figura 50 Metodología Diseño Centrado en el Usuario.

http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5579/2/142342.pdf

Lamentablemente, no son pocos los diseñadores que no advierten tal circunstancia, resultando conveniente explicitar ciertos aspectos que proporcionarán una perspectiva más amplia, sin duda, a estos principios.
Otros, simplemente, considerarán inviable el planteamiento. No hay que confundirse: nadie puede hacer un producto absolutamente accesible. Podrá hacerse, en todo caso, más accesible, pero siempre habrá personas que no puedan hacer uso del mismo. Estos principios, pues, deberían servir para incrementar el cuidado y la comprensión de los diseñadores a la hora de plantearse determinadas preguntas. Los diseñadores deben llevar en mente estos principios de forma continua.[104]

---

[103] Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga Tomado de : http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5579/2/142342.pdf
[104] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm

El control de la situación debe estar en manos del usuario:

- Ha a ser el usuario quien inicie las acciones y controle las tareas.
- El usuario ha de tener la oportunidad de personalizar la interfaz.
- El sistema debe ser lo más interactivo posible, facilitando el cambio y gestión de sus modos.

Es preciso un planteamiento directo:[105]

- El usuario ha de comprobar cómo sus acciones afectan a la salida del sistema.
- La accesibilidad de la información y de las opciones van a reducir la carga mental de trabajo del usuario.
- Las metáforas familiares proporcionan una interfaz intuitiva.
- Se asocia un significado con un objeto mejor que con un comando, siempre y cuando la asociación resulte apropiada.[106]

La consistencia es parte indispensable en el diseño:

- Se ha de facilitar la aplicación de los conocimientos adquiridos de forma previa al desarrollo de nuevas tareas, lo que a su vez se va a traducir en un aprendizaje rápido.
- Consistencia y estabilidad se van a traducir en facilidad de uso.
- Ha de darse la consistencia dentro de un producto (el mismo comando desarrollaría funciones que el usuario interpreta como similares), en un entorno (se efectúa una adopción de convenciones para todo el conjunto), con las metáforas (si un comportamiento particular es más característico de un objeto diferente que el que su metáfora implica, el usuario puede tener dificultad en asociar comportamiento y objeto).[107]

Hay que posibilitar la recuperación de los errores:

- El diseño minimiza los riesgos y las consecuencias adversas de las acciones accidentales o involuntarias.
- Hay que posibilitar el descubrimiento interactivo y el aprendizaje ensayo-error.
- Hay que posibilitar la reversibilidad y la recuperabilidad de las acciones.
- Hay que contemplar los potenciales errores de los usuarios.[108]

---

[105] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm
[106] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm

[107] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm
[108] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm

Retroalimentación apropiada por el sistema:

- Es precisa una respuesta apropiada a las acciones del usuario por parte del sistema.
- Tal respuesta ha de ser inevitablemente de complejidad variable y ha de darse en un tiempo apropiado.
- El estado de un sistema (esperando entrada, comprobando, transfiriendo datos,...) debería estar siempre disponible para el usuario[109]

No se puede descuidar la estética:

- Determinados atributos visuales o auditivos concentran la atención del usuario en la tarea que está desarrollando.
- Es preciso proporcionar un entorno agradable que contribuya al entendimiento por parte del usuario de la información presentada.[110]

El diseño debe caracterizarse por su simplicidad:

- La interfaz ha de ser simple (que no simplista), fácil de aprender y usar, con funcionalidades accesibles y bien definidas.
- El uso del diseño ha de ser fácil de entender, independientemente de la experiencia, conocimiento, capacidades lingüísticas o nivel de concentración del usuario.
- Hay que controlar la información explicitada, que se ha de reducir al mínimo necesario.
- El diseño ha de comunicar la información necesaria al usuario de forma efectiva, independientemente de las condiciones ambientales o de las capacidades sensoriales del mismo.[111]

Es fundamental seguir una rigurosa metodología de diseño:

- Una actitud centrada en el usuario, en etapas iniciales y durante el diseño, así como una rigurosa metodología que contemple los principios que se tratan.[112]

El equipo de diseño debe ser equilibrado:

---

[109] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm
[110] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm

[111] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm
[112] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm

- Se han de cubrir todos los aspectos: desarrollo, expresión, representación, factores humanos, usabilidad...
- El trabajo en equipo ha de caracterizarse por la posibilidad de una comunicación e interacción rápida y efectiva.[113]

Se distinguen cuatro partes en el proceso de diseño:

- Definición clara de los objetivos, entendiendo a los usuarios y contemplando factores como la edad, la experiencia, las limitaciones físicas, las necesidades más especiales, el entorno de trabajo, las influencias sociales y culturales... Hay que definir el marco de trabajo conceptual para presentar el producto en cuestión con el conocimiento y la experiencia de la audiencia objetivo; a partir de ahí, procede una documentación apropiada a este estado.
- Comunicación del diseño mediante el prototipado y establecimiento de un flujo de tareas. Se puede tratar de incluir más aspectos y comprobar la reacción a los mismos de los usuarios objetivo o tratar de centrarse en los detalles de dichos aspectos, en su funcionalidad.
- Mediante el test, en el proceso de diseño, la participación del usuario proporciona la inestimable ayuda de determinar en qué medida el producto se está ajustando a las necesidades y a las expectativas creadas. No se trata tanto de evaluar la eficiencia de las tareas y los posibles errores en el diseño, sino de conocer las percepciones del usuario, su satisfacción, sus preguntas, sus problemas.
- Después del test va a ser preciso el rediseño en mayor o menor medida, tras el cual inevitablemente, es preciso de nuevo el test, volviendo así a iniciar el ciclo.

Son indispensables las consideraciones de usabilidad en el proceso de diseño:

- En todas las etapas del proceso de diseño, se aplicarán las técnicas de evaluación de la usabilidad que se estimen más apropiadas.[114]

Hay que entender al usuario:

- Las diferencias en los modos de aprendizaje reflejan múltiples variantes que se manifiestan en un continuo desde ligeras preferencias hasta profundas necesidades. Así, es preciso acomodar esta diversidad mediante representaciones alternativas de la información clave. A partir de diferentes preferencias y necesidades (originadas por el propósito de la actividad de trabajo o aprendizaje y, por supuesto, de la naturaleza de los propios usuarios) se puede seleccionar el medio de representación más apropiado o conseguir la información a través de una amplia gama de medios de representación.

---

[113] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm
[114] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm

- De la misma forma que ningún modo de representación se puede ajustar a todos los usuarios, ningún modo de expresión lo hará tampoco. La forma habitual de expresión ha sido texto impreso, pero otras opciones artísticas, fotográficas, musicales, el vídeo, la animación, etc. resultan una exitosa forma de comunicar ideas para ciertos individuos. Es preciso asumir esta diversidad ofreciendo múltiples opciones para la expresión y el control. Las preferencias y necesidades particulares siempre encontrarán, así, medios, apoyos y opciones que permitan al usuario mostrar su conocimiento de la forma que les resulte más efectiva.
- No cabe la menor duda de que para abordar una tarea, sea el conocimiento y uso de un determinado producto en el contexto que ocupa, son precisas unas dosis adecuadas de confianza, entusiasmo e intencionalidad. La misma tarea que influye en el carácter competitivo y en la confianza de un usuario de forma positiva, puede llevar al aburrimiento y a la frustración en otros. La motivación puede venir porque la materia en cuestión resulta fascinante, constituye un reto, el proceso de aprendizaje resulta satisfactorio, la circunstancia de la novedad resulta muy atractiva, las posibilidades de mejorar en el desarrollo de la tarea son enormes por las características de los elementos involucrados, se puede establecer un paralelismo con la vida real. Así, las estrategias de aprendizaje deben soportar diferentes niveles de capacidad, preferencias e intereses, proporcionando opciones flexibles.[115]

Hay que realizar renuncias en el diseño Cada aspecto adicional que se incluye en el sistema está afectando potencialmente a la complejidad, estabilidad, mantenimiento, capacidad de acción, costes de apoyo.

- Siempre habrá consideraciones de marketing que afectan a la forma del producto y que pueden condicionar, en un determinado momento, un rediseño a mayor o menor escala.

2.3 MARCO LEGAL Y NORMATIVIDAD

2.3.1 IEEE 802.11

La tecnología para las redes metropolitanas y de área local son definidas por los protocolos de la rama 802.x. Esto lo logran cuando se definen las normas para las capas físicas y de enlace datos para una WLAN, este objetivo se logró con el desarrollo del estándar 'IEEE 802.11'

2.3.2 Conceptos Generales

[115] Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm

- Existen dos medios que son los infrarrojos y la radiofrecuencia.
- Las estaciones de trabajo son definidas como los computadores, o los diferentes dispositivos que cuentan con una interfaz de red.
  Los puntos de acceso son los encargados de cumplir con funciones como realizar las conversaciones de trama pendiente, y conectar redes con niveles similares o diferentes de enlace.
- Los sistemas de distribución son los encargados de controlar donde está la estación, y de esta manera poder enviarle tramas; esto nos permite tener movilidad entre AP, para diferentes puntos de acceso o terminales, al igual que la trama que los comunica.
- El conjunto de servicio básico Conjunto de servicio básico (BSS) se define como el grupo de estaciones que tienen la posibilidad de intercomunicarse entre ellas estas pueden ser de infraestructura cuando su comunicación se realiza a través de un punto de acceso; o independientes cuando se comunican directamente sin la intervención de otro dispositivo.
- Los límites de las redes son difusos, estas es una característica de las redes que se basan en el estándar 802.11, y esto permite que las diferentes BSS puedan solaparse.
- La unión de diferentes BSS es conocida como el servicio extendido o (ESS).
- El área de servicio básico hace referencia a la habilidad que se tiene para cambiar la ubicación de los terminales variando la BSS, es vital para las redes 802.11. Para lograrlo se realiza este cambio en el mismo ESS, sin este cambio no se podría realizar.

2.3.3 Protocolos

- **802.11 legacy**

El medio que utiliza este protocolo es el infrarrojo aunque no hay implementaciones disponibles. Aun así logro ser aceptado entre los consumidores. Esta versión fue publicada en 1997. En ella se especifican dos velocidades teóricas de transmisión que están definidas en megabits por segundo (Mbit/s). Tuvo dificultades de compatibilidad entre equipos de diferentes marcas, esto fue causado por el uso que se daba en la codificación para mejorar la transmisión en condiciones ambientales. Para el método de acceso se utilizó el protocolo CSMA/CA (Múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones). Por las falencias que presento fue necesario desarrollar otro protocolo basado en este que fue el 802.11b donde se corregían estas fallas.

- **802.11a**

Esta actualización fue aprobada en 1999. Las velocidades de datos que se manejaron fueron de 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbit/s. para este protocolo se definieron 12 canales sin solapa, 4 para conexiones de punto a punto, y 8 para conexiones de red inalámbrica.

Para este protocolo se definieron 52 subportadoras utilizando OFDM, se utilizan los mismos protocolos de base que para el estándar original, opera en la banda 5, no tiene compatibilidad con el estándar 802.11b a no ser que el dispositivo que se tenga maneje ambos protocolos, con este protocolo se lograron velocidades de 20 Mbit/s, aunque la velocidad máxima teórica era de 54 Mbit/s.

- **802.11b**

Este protocolo fue aprobado en 1999. Tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbit/s, dado que la codificación se realizó con el protocolo CSMA/CA, la máxima velocidad en UDP es de 7,1 Mbit/s, y en TCP es de 5,9 Mbit/s. Este protocolo funciona en la banda de los 2,4 GHz.

- **802.11 c**

Este protocolo es utilizado para conectar dos redes diferentes mediante una conexión inalámbrica. Así por ejemplo nos permite realizar la conexión entre dos edificios distantes. Este protocolo no es de interés para el público en general. De hecho es uno de los menos usados. Es una versión modificada, en el nivel de enlace de datos, que permite combinar los dispositivos compatibles del protocolo 802.11 con el protocolo 802.11d, también permite realizar la comunicación entre redes de diferentes tipo y/o distintas. Es una opción menos costosa y con menores tiempos comparado con una implementación de fibra óptica.

- **802.11d**

Fue diseñado para permitir el usos de redes locales de manera internacional está basado en el protocolo 802.11, para ello utiliza diferentes rangos de frecuencia, para los diferentes dispositivos, y depende del país de origen del dispositivo móvil.

- **802.11e**

Este protocolo fue aprobado para el 2001 e implementó el Qos que evita los cuellos de botella y la colisión, de esta manera se mejoran los tiempos de entrega. Presento múltiples ventajas que permitieron a los operados y a los proveedores de servicios, ofrecer un nuevo producto para las redes domésticas. Una de sus principales nuevas ventajas es para la gestión de redes de menor rango, esto lo logra mejorando la integración y control para interfaces de audio y video todo ello a través del sistema de corrección de errores. Permitió trabajar en entornos tanto empresariales como domésticos. Todo ello surgió a partir de la idea de soportar servicios que requirieran, altos niveles de calidad de servicio para ello se realizaron nuevos mecanismos en la capa MAC, para que esto fuera posible.

Se creó en ese caso un nuevo elemento denominado Hybrid Coordination Function (HCF) que tenía dos tipos de accesos diferentes que fueron:

• (EDCA) Enhanced Distributed Channel Access, equivalente a DCF.
• (HCCA) HCF Controlled Access, equivalente a PCF.

Se generaron nuevos tamaños de ventana, y diferentes tiempos de acceso, y de esta manera lograr diferenciar el tráfico, y así se generaron nuevas categorías ordenadas jerárquicamente que fueron:

• Background (AC_BK)
• Best Effort (AC_BE)
• Video (AC_VI)
• Voice (AC_VO)

Con estas modificaciones se logró garantizar los niveles de calidad de servicio (QoS) y así soportar las nuevas aplicaciones en tiempo real. Soportando tráfico en tiempo real, para diferentes situaciones y entornos. Fue un protocolo flexible que permitió soluciones para diferentes mercados, dando solución a diferentes necesidades. Dando solución a soporte de multimedia manteniendo la compatibilidad de los 802.11b y 802.11a, y con las características necesarias para soportar aplicaciones que necesitaran de altos niveles de servicio.

- **802.11f**

En esta nueva actualización se implementó por primera vez una propiedad que se denomina itinerancia. Para ello en la infraestructura de red ahora le permite al usuario el cambiar de un punto de acceso a otro, sin importar las marcas de los puntos de acceso.
Fue diseñada para que los productos de diferentes proveedores de puntos de acceso fueran compatibles entre si.

- **802.11g**

Es un estándar que es una evolución del estándar 802.11b aun así cuando en una red se presentan nodos que funcionen bajo el estándar b se reduce bastante la velocidad de transmisión aunque es compatible con el estándar b. Este estándar se ratificó como el tercer estándar de modulación a partir de Junio de 2003.

Con equipos de radio apropiados, y antenas parabólicas es posible realizar comunicaciones con una distancia de hasta 50 Km claro con equipos que tengan potencia de hasta medio vatio. Una de sus principales ventajas fue que se podían tomar equipos diseñados para el estándar 802.11b y a partir de ellos construir equipos para

este nuevo estándar. Por este motivo los equipos pudieron llegar rápidamente al mercado.

Existieron equipos que funcionaron con equipos propios de cada fabricante y que permitían llegar a velocidades de 108 Mbps, estos equipos utilizaban protocolos propietarios y esta variante fue denominada 802.11g+.

- **802.11h**

Este estándar se generó bajo varios requerimientos, uno de ellos fue el de permitir que redes con el estándar 802.11a tuviesen la capacidad de administrar dinámicamente la potencia y la frecuencia de transmisión que utilizarían.

Esto lo logra con dos funcionalidades que son Selección Dinámica de Frecuencias y Control de Potencia del Transmisor que sus siglas en ingles serian DFS (Dynamic Frequency Selection) y Control de transmisión de potencia que sus siglas en ingles son TPC (Transmitter Power Control). La primera permite utilizar uniformemente los canales disponibles, y evitar las interferencias entre canales, además de operan en la banda de los 5Ghz esta funcionalidad es requerida por las redes WLAN. La segunda nos permite minimizar las interferencias con sistemas de satélite, esto lo logra con el control de la potencia transmitida para diferentes canales en una región.

De esta manera resuelve los problemas que se generaban entre las redes 802.11 y los sistemas de satélite o radar. Este avance se hizo público en Octubre de 2003 y fue el resultado del grupo de trabajo 11 del comité de estándares LAN/MAN de la IEEE, desarrollado para las WLAN.

Las principales modificaciones y mejoras que incluye este estándar, fue para que se minimizaran los impactos al utilizar la banda de los 5 Ghz que generalmente es utilizada para aplicaciones ISM, y sistemas militares, estas recomendaciones fueron hechas por la ITU y a partir de los requerimientos de la oficina europea de radiotelecomunicaciones (ERO)

- **802.11i**

Este estándar abarca los protocolos 802.1x, AES (Estándar de Cifrado Avanzado) y TKIP (Protocolo de Claves Integra – Seguras – Temporales). Se impñlementara en WPA2 y su principal objetivo es resolver los inconvenientes de seguridad que se presentan actualmente.

- **802.11j**

Este estándar fue creado para Japón y es equivalente al 802.11h.

- **802.11k**

Este estándar se diseñó para ser implementado por software y mediante una actualización. En ese caso debe de tener compatibilidad tanto en las tarjetas WLAN como en los adaptadores, al igual que en la infraestructura de la red, la principal funcionalidad que tiene es la de permitirnos mejorar la gestión a través de cálculos y valoraciones de los diferentes recursos de radio frecuencia.

- **802.11n**

Una nueva revisión del estándar 802.11 empezó en Enero de 2004, para ello se creó un grupo de trabajo 802.11 (TGN) para su desarrollo. En el 2007 se tenían ya los primeros avances y desarrollos con una estructura ya planteada, y se realizaban diferentes pruebas. A partir del 2008 el estándar ya se venía implementando y se encontraba redactado. En capa física fue ratificado por la IEEE el 11 de septiembre para alcanzar una velocidad de 600 Mbps teóricamente. Sufrió una serie de retrasos tanto así que lo llevaron a Noviembre de 2009, se implementaron buenas estrategias tanto así que el proyecto en general fue en una buena dirección para completarse.

Una de las principales ventajas que se han desarrollado en estos estándares es la compatibilidad que tiene con versiones anteriores de forma que solo es necesario un nuevo adaptador que es compatible con las tecnologías anteriores. Este nuevo estándar Fue diseñado para manejar simultáneamente las bandas de 2.4 Ghz y 5 Ghz. En la actualidad se logra una velocidad estable de entre 80 Mbps y 100 Mbps, con varios productos que en el mercado cumplen con este nuevo estándar.

La velocidad real de transmisión puede llegar a los 300 Mbps siendo 10 veces mayor a los estándares 802.11a y 802.11g, y hasta unas 40 veces mayor al estándar 802.11b.
Es por esta razón que la mayoría de compañías que trabajan en el diseño de equipos para los ISP empezaron a implementar este estándar en la producción de sus equipos de Wi-Fi. En ese caso la producción en serie de equipos con este estándar y que también trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g ha empezado a ser común. Este estándar puede trabajar en dos bandas de frecuencia, 2.4 Ghz y 5 Ghz lo que permite en la primera banda trabajar con los estándares 802.11b y 802.11g y en la segunda banda con el estándar 802.11a.

Es muy útil la posibilidad de trabajar en la banda de los 5Ghz esto porque es una banda menos congestionada y por las velocidades que se alcanzan con este nuevo estándar. En comparación con LTE, UMTS y Wimax, que son tecnologías que necesitan de un permiso para usar el espectro electromagnético en cada país, este estándar no necesita de esas autorizaciones. El uso de varias antenas y el utilizar varios canales gracias a la tecnología MIMO (Multiple Input – Multiple Output) pronostica un alcance de operación mayor para este estándar. También se ha empezado el desarrollo de un nuevo estándar que sería el 802.11ac con velocidades de transmisión superiores.

- **802.11p**

Este estándar tiene como idea principal el desarrollo de la tecnología DSRC que permitirá la comunicación entre vehículos y automóviles y diferentes infraestructuras en carretera. El espectro de frecuencias que maneja es el de 5,90 GHz y el de 6,20 GHz, que son aquellos sugeridos para la comunicación entre automóviles. Todo ello a partir del desarrollo de estas comunicaciones de corto alcance denominadas (DSRC) en Norteamérica.

- **802.11r**

Este protocolo establece los protocolos de seguridad que identifican a un dispositivo antes de que entre en un nuevo punto de acceso mientras realiza la transcion es conocido también como Fast Basic Service Set Transition. De esta manera se evitan los cortes en la comunicación en el momento de pasar de un punto de acceso a otro, tanto así que llegan a ser imperceptibles en una comunicación VoIP. De esta manera la transición entre modos es menor a 50ms.

- **802.11v**

Este estándar a través de un mecanismo de capa 2 se tiene como objetivo la gestión de estaciones de forma centralizada de manera similar a como se realiza en una red celular. Además de ello se desea realizar la configuración remota de los dispositivos del cliente como lo son la configuración actualización y monitoreo de las estaciones del cliente.

La mejora en la gestión es notable y se presentan nuevas capacidades proporcionadas por el 11v como la implementación de mecanismos para reducir la interferencia que se puede presentar en un dispositivo, estrategias de ahorro con dispositivos VoIP Wi-Fi. El desarrollo de nuevos servicios que permiten el avance en aplicaciones de posicionamiento, temporización o que requieren de una alta precisión.

- **802.11w**

Aun no terminado. Se tiene planeado que tenga interacciones con los estándares 802.11r y 802.11u. Este estándar está diseñado para aumentar la seguridad de los protocolos de autenticación y codificación, esto lo logra mejorando la capa de control de acceso al medio del estándar 802.11, en esta labor se encuentra trabajando el (TGw) Task Group w. Las redes LANs inalámbricas son vulnerables por enviar la información del sistema en tramas desprotegidas. Para luchar contra estas vulnerabilidades se desea proteger las tramas de gestión, adicional a los ya protegidos datos, estas tramas de gestión son las encargadas de las operaciones principales de una red, todo esto se lograría en base al

estándar 8022.11i. La protección que se desea es contra las peticiones desasociadas, que parecen ser enviadas por un equipo valido, pero que son generadas por sistemas malévolos mediante interrupción.

- **Canales y frecuencias**

A excepción de las redes "Ad-Hoc" o punto a punto cuando no existe Punto de acceso. La asignación de canales se hace únicamente en el Punto de acceso, dado que los clientes automáticamente detectan el canal. En dominios europeos se ha vuelto común el uso de los canales 1, 5, 9 y 1, esto no es perjudicial para el funcionamiento de la red, aunque normalmente se utilizan los canales 1, 6 y 11.

Para los estándares 802.11b y 802.11g se utiliza la banda de los 2.4 Ghz, Para esta banda se definieron 11 canales, que pueden ser utilizados por los equipos WIFI. Aunque son once canales las interferencias que produce cada uno afecta a los canales cercanos hasta una distancia cercana a 4 canales.

La señal tiene un ancho de banda de 22Mhz pero los canales consecutivos tienen una separación de 5Mhz es por esto que las interferencias llegan hasta una distancia de 4 canales, por eso la separación debe ser de por lo menos 5 canales así la separación final sería de 25MHz, la que nos garantiza que ya no van a existir más interferencias.

Tabla 2 Canales y frecuencias

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
1	2412	×	×	—		×
2	2417	×	×	—	×	×
3	2422	×	×	×	×	×
4	2427	×	×	×	×	×
5	2432	×	×	×	×	×
6	2437	×	×	×	×	×
7	2442	×	×	×	×	×
8	2447	×	×	×	×	×
9	2452	×	×	×	×	×
10	2457	×	×	—	×	×
11	2462	×	×	—	×	×
12	2467	—	×	—	—	×
13	2472	—	×	—	—	×
14	2484	—	—	—	—	×

Fuente tomada de: https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

- **IEEE 802.11 a**

Para cada canal utilizado en el estándar IEEE 802.11a, los dominios reguladores, frecuencias centrales e identificadores de canal serían los siguientes:

Tabla 3 Canales y frecuencias 802.11.a

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores			
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	Japón (-J)
34	5170	—	—	—	—
36	5180	×	×	×	—
38	5190	—	—	—	—
40	5200	×	×	×	—
42	5210	—	—	—	—
44	5220	×	×	×	—
46	5230	—	—	—	—
48	5240	×	×	×	—
52	5260	×	—	—	×
56	5280	×	—	—	×
60	5300	×	—	—	×
64	5320	×	—	—	×
149	5745	—	—	—	—
153	5765	—	—	—	—
157	5785	—	—	—	—
161	5805	—	—	—	—

Fuente tomada de: https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

En el caso de la banda de 5GHz se tiene un ancho de banda cercano a los 20Mhz, esto aunque la modulación y el espectro ensanchado son diferentes a las de la banda de 2.4Ghz, en este caso la separación para evitar interferencias seria la misma 5 canales.

En Europa las redes que trabajan con el estándar 802.11a deben tener las modificaciones del estándar 802.11h, de esta manera se garantiza un control en las potencias de transmisión y el control dinámico de las frecuencias, y se evitan las interferencias con los sistemas de radar que existen, y de las comunicaciones por satélite.

3. RESULTADOS

El proyecto se enmarca en generar un interfaz para el control de la iluminación de un edificio, que tenga las características de ser inalámbrico y permitir la conexión a través de Internet 2, para desarrollar el proyecto fue necesario recopilar la información acerca de las diferentes implementaciones que nos permitían cumplir con este objetivo, además de contar con la ayuda de nuestros compañeros de CECAD. Fue necesario comparar los conocimientos teóricos que se lograron obtener con la implementación práctica, y de esta manera poder controlar las tres luces de manera inalámbrica.

3.1 TIPO DE INVESTIGACION

Para este proyecto fue necesario recopilar información de HTML, Python, C, microcontroladores, y potencia. Y también estudiar proyectos similares, cuyas aplicaciones fuesen semejantes a las que se necesitan para el desarrollo del modelo planteado. Por ellos todo el contenido del proyecto está sujeto en documentos, manuales, libros y foros que abordaban diferentes temáticas, que fueron complementarias para lograr el objetivo.

Se abordó el proyecto por etapas, y cada etapa debía cumplir ciertas características y funcionalidades específicas, y de esta manera lograr los objetivos trazados. Pero dadas las limitaciones en componentes y en presupuesto, se hizo el diseño de la etapa de potencia, analizando el tipo de carga que más se ajustaba al modelo en el momento de enviar una señal de control desde nuestro microcontrolador. Por ello se hizo en primera instancia un diseño de comunicación alámbrica, usando 4 microcontroladores, donde uno de ellos ejercía la función de transmitir información y los otros 3 de recibirla, pero el modo de transmisión era por cable, lo que conduce a rediseñar el modelo y establecerlo inalámbrico. Luego de esto, se buscaron diferentes elementos de transmisión inalámbrica, emisores y recetores en radiocontrol, bluetoot, zigbee; pero dadas sus características en la inestabilidad, el corto alcance y el costo respectivamente. Se determinó se buscó otro elemento. Entonces al investigar un poco surgió el transceptor NRF24L01, el cual en teoría puede transmitir entre 10 y 500 metros de distancia y tiene una interfaz SPI de alta velocidad, lo que permite transmitir y recibir información en el menor tiempo posible. El transceptor resulto ser compatible con arduino, lo que para una implementación vía puerto serial (enviar datos seriales y recibirlos), resulto exitoso. Para el nuevo diseño se implementó por etapas. Entonces en la etapa 1 se configuraría el servidor web, en una Raspberry Pi modelo B, que cuenta con una configuración IPV4 por defecto, pero que puede colocarse doble stack o más conocido como doble pila, y así hacer uso de IPV4 o IPV6, cabe recordar que para acceder al web-server mediante Internet 2, es necesario configurar IPV6. Después de la configuración IPV4 e IPV6, para la segunda etapa fue necesario implementar la interfaz mediante HTML y PHP, que es la página por la que se accede al servidor. Y al utilizar método method se busca que cada botón que se creó en html, ejecute un comando PHP. En la tercera etapa se crearían programas en Python, que controlan las luces en su totalidad. En la cuarta etapa se configurarían los transceptores como transmisor y

receptor usando arduino. En la quinta etapa se une el Python con el PHP, se especifican dirección y se configura el arduino de forma serial, luego se verifica que se esté recibiendo información. En la sexta etapa se diseña la parte de potencia, la cual se une a los receptores. Y finalmente en la séptima etapa probo el sistema en totalidad.

3.2 SIMULACIONES

Se hicieron simulaciones para los montajes electrónicos, con el objetivo de minimizar fallas, y de esta forma verificar que el sistema realmente funciona. Así se hizo en las diferentes etapas, se hicieron pruebas de escritorio también con el código generado en los diferentes lenguajes, y pruebas simulaciones con proteus en los circuitos.

Luego de simular, se montó en protoboard y así se establecieron pruebas de comunicación inalámbrica con el servidor y la parte de potencia, todo funcionó correctamente, lo que nos lleva a la siguiente parte y es poner todo en baquela.

Una vez pasado todo a váquela, se realizó la comunicación entre el servidor y las diferentes luces, en nuestro caso el Rasberry Pi, y los microcontroladores Arduino uno, que se encargaron de la recepción y del control de la parte de potencia, y de esta forma nos acercamos al final del proyecto.

Luego se hicieron las pruebas de conectividad de cada una de las etapas empezando desde la etapa de potencia, hacia la conexión a Internet2 se probó con diferentes dispositivos inteligentes (tablets, celulares computadores), y nos conectamos a Internet2 con una IP fija que nos asignaron en RITA. La interfaz de control y la visualización se encontraron alojadas en nuestro servidor implementado con el Raspberry se hicieron correcciones y mejoras sobre dicha interfaz. Por ultimo hicimos las pruebas en el grupo RITA ya con conectividad a Internet2, dando por completas las pruebas que requeríamos para el sistema.

Cabe aclara que mediante la depuración del proyecto, se fueron corrigiendo errores y el sistema se fue ajustando a lo que se propuso como objetivo, y de esta forma se logró un mejor desempeño.

Para el desarrollo del proyecto nos apoyamos en el grupo RITA, y con la participación directa del Ingeniero Roberto Ferro Escobar llegamos a la meta trazada, es importante hacer mención al ingeniero, porque gracias a su asesoría modulo a modulo, se pudo llegar al éxito del proyecto, cabe aclarar que la información que pudimos obtener de Internet y de varios docentes de la universidad nos ayudaron a solucionar de una manera creativa los inconvenientes presentados. Nos asesoramos con sus conocimientos y experiencias, teniendo también la ayuda de estudiantes de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Sistemas, que se encuentran trabajando en proyectos similares o que ya han tenido experiencia en temas comunes, a los que trata este proyecto.

Fue necesaria la importación de diversos dispositivos, y de buscar personas que trabajan en este mercado dentro y fuera del país. Y así obtener todas las herramientas necesarias

para la ejecución de este proyecto. También contaríamos con los equipos propiedad de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas como lo son los enrutadores y otros equipos de conexión presentes en el CECAD y en LIDER.

En la adquisición de nuestro sistemas embebidos, dispositivos para transmisión inalámbrica, y demás dispositivos electrónicos tuvimos en cuenta los aranceles de importación y flete, equipos, además de otras inversiones necesarias como lo fueron servicios técnicos especiales, o costos de administración.

Módulo de potencia

Elemento	Cantidad	Precio	Total
Condensador cerámico	4	300	1200
Resistencias 10k	8	20	160
Resistencias 5k	4	20	80
Opto acoplador	4	3000	12000
Transistor de potencia	4	10000	40000
Roseta	4	2000	8000
Caja acrílica	3	20000	60000
Bombillo	3	3000	9000
Circuito impreso	3	15000	45000
Clavija	3	5000	15000
Cables	-	2000	1000
			191440

Tabla 3 Costos modulo de Potencia

Módulo de recepción y control

Elemento	Cantidad	Precio	Total
Arduino nano	3	23000	69000
nRF24L01	3	6600	19800
Cables	-	1000	1000
Adaptador USB a toma eléctrica.	3	5000	15000
			88800

Tabla 4 Costos Modulo de recepción y control

Modulo de emisión

Elemento	Cantidad	Precio	Total
Arduino Uno	1	26000	26000
nRF24L01	1	6600	6600
Cable USB	1	2000	2000
			32600

Tabla 5 Costos Modulo de emisión

Servidor

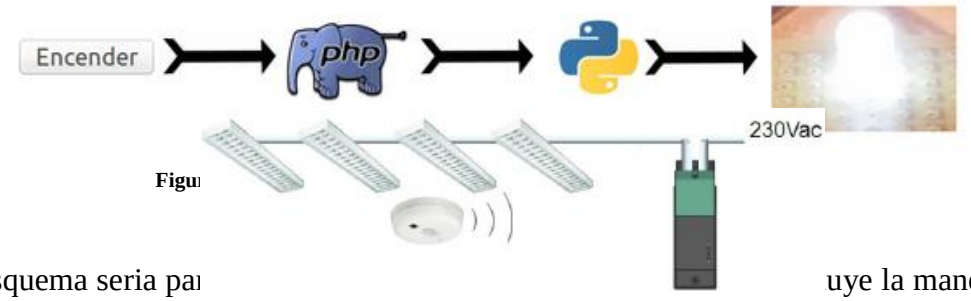
Elemento	Cantidad	Precio	Total
Rasberry Pi Modelo B	1	160000	160000
Memoria micro SD 8GB	1	10000	10000
			170000

Tabla 6 Costos servidor

4. DESARROLLO FINAL

4.1 DISEÑO

La idea base, para diseñar nuestro control es la siguiente, lo primero que se hace es generar una interfaz en HTML (botón de encender y apagar), luego de ello utilizar PHP para ejecutar un programa en C o en Python. Pero por la forma como se manejan los puertos en C, que es mediante interrupciones; y en comparación a como lo realiza Python que es mediante la ejecución de un comando, se selecciona Python por comodidad. El siguiente diagrama seria el resumen de dicha idea.



Figu

Este esquema seria pa uye la manera en la cual se genera el encendido de la luz, ni la parte del microcontrolador ni de potencia.

Una de las modificaciones que es necesario realizar sería la de la comunicación inalámbrica. En este caso lo primero que nos tocaría desarrollar sería un servidor.

En ese caso este sería el esquema de infraestructura que utilizaríamos.

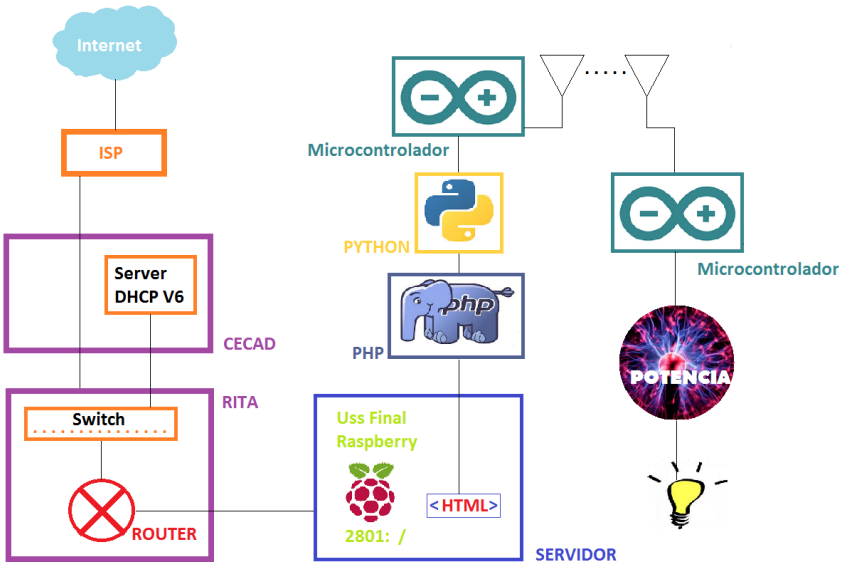


Figura 52 Infraestructura del proyecto

4.2 DISEÑO DEL SERVIDOR

Para la creación del servidor, es necesario realizar varios pasos e implementaciones la primera de ella es la elección de un sistema embebido para alojar el servidor. Luego de mirar las opciones de Matchport, PCduino, y otros sistemas embebidos decidimos tomar una Raspberry. En el caso de la Raspberry teníamos dos opciones:
Raspberry Pi 2 Model B

- A 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU
- 1GB RAM
- 4 USB ports
- 40 GPIO pins
- Full HDMI port
- Ethernet port
- Combined 3.5mm audio jack and composite video
- Camera interface (CSI)
- Display interface (DSI)
- Micro SD card slot

Y el Raspberry pi Model B Broadcom BCM2835

- ARM 1176JZFS a 700 MHZ

- Videocore 4
- 256 MB
- HDMI y RCA
- Resolución 1080p
- HDMI y 3.5 mm
- 2 x USB 2.0
- Ethernet 10/100
- Micro USB

Otras características de estos sistemas eran los sistemas operativos que soportan, en ese caso el modelo Raspberry Pi 2 Model B soporta Windows 10, y se puede obtener por un valor de $180.000 o $250.000. También puede alimentar un microcontrolador, o se le puede instalar Linux Raspbian. Hay varios sistemas operativos que pueden soportar estos sistemas embebidos como lo son: Linux, Android, Arch Linux ARM, Debian Whezzy Soft-Float, Firefox OS, Gentoo Linux, Google Chromium OS, Kali Linux, Open webOS, PiBang Linux.

Haciendo la comparativa entre la funcionalidad, los precios, y los tiempos estimados de entrega nos decidimos por una Raspberry Pi Modelo B.
Uno de los principales inconvenientes que debíamos superar era la velocidad de la página web, y el procesamiento de datos. Anteriormente haciendo pruebas con otros sistemas embebidos, y con otras características físicas, se tenía el problema de que con dos o tres usuarios se bloqueaba el sistema, hay avances que podrían tomarse en cuenta para otros proyectos como lo es el caso del modelo como administrador.

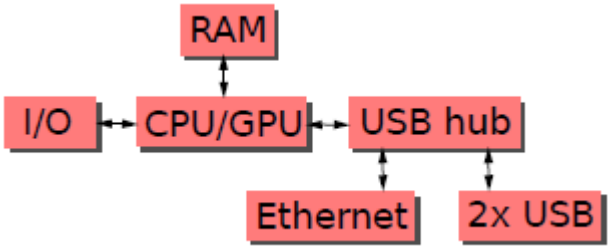


Figura 53. Diagrama de bloques del modelo B
Figura 54 Localización de cada uno de los componentes en la Raspberry.

El Raspberry la ventaja de poder de tener un rendimiento similar al de un Pentium 4, poder usar un procesador de datos, un procesador de video, 2 puertos USB, una interfaz Ethernet, una entrada HDMI, y si uno lo desea una cámara. Las principales diferencias con el PCduino, serian para la generación de librerías, ya que el Raspberry cuenta con la ventaja de tener una amplia cantidad de librerías y soporte, además de la salida de audio y de video.

El Raspberry con el que trabajamos fue uno traído desde Inglaterra, para óptimo desempeño es necesario alimentarlo con una fuente de mínimo 5V @ 350mA por eso también la elección del modelo, hay Raspberries más pequeños, pero se quedan cortos en potencia para algunas aplicaciones.

4.2.1 Sistemas Operativos.

Luego de tener el sistema embebido era necesario instalarle un sistema operativo, en este caso se tenían: Ubuntu, Raspbian, Arx e incluso Windows 10. Para elegir el sistema se consideraron varias cosas, documentación, consola y soporte para arduino. El Ubuntu y el Windows 10 son los sistemas operativos más pesados, pero tiene la ventaja de que tiene mucha más documentación. ARX maneja todo por consola, lo que lo hace un poco difícil de manejar, y en el caso del Raspbian es un sistema ligero y con menor documentación, pero es el intermedio entre ARX y ubuntu, siendo Raspbian la elección por ser ligero y porque trae incorporado comandos de manejo de puertos, que facilitan el uso del arduino.

4.2.2 Proceso de Instalación de sistema operativo.

Lo primero que era necesario era comprar una memoria SD, que hace un buen papel representando el disco duro de un computador normal, se escogió de 8 gigas la memoria, para tener un buen manejo del sistema operativo, ahora se tenía la opción de descargar las versiones, de la página https://www.raspberrypi.org/ downloads.
Siendo Noobs una opción pesada y con muchos sistemas operativos, en ese caso siendo el Raspbian, el sistema de nuestra elección, por su tamaño y porque solo instala lo que necesitamos.

Por estos motivos decidimos instalar el Raspbian, la memoria SD se formateo en Fat 32, porque es el mejor formato, y nos permite comprobar si la memoria es una memoria expad, o si realmente tiene la capacidad que indicamos.

Se descarga el programa Win32DiskImager, este programa nos sirve para generar un archivo booteable, y de esta manera tener el primer arranque en el sistema embebido para poder instalar el sistema operativo. Utilizamos un conversor de micro SD a SD para poder insertar la memoria micro SD en el Raspberry, para manejar el sistema necesitamos un teclado, un mouse, y una pantalla, también es recomendable un buen cargador para no tener inconvenientes en el momento de la instalación , al comienzo el proceso de booteo no funciono, por falta de potencia. Lo mínimo que necesitamos es de 350mA, por eso nos fue necesario cambiar el cargador que teníamos a uno más nuevo; de recomendaciones también está la de utilizar un teclado y mouse inalámbrico, que compartan un mismo puerto.
Se siguieron las siguientes instrucciones para realizar la instalación de Windows.

4.2.3 Programas

Luego de ello sería necesario instalar varios programas como lo son apache, para el servidor virtual, también por motivos de seguridad y facilidad, y por la manera cómo manejar la red.

PHP, para hacer el diseño de la página web, Python, que es un lenguaje en seudocódigo y permite la comunicación de la página web y el server.

En ese caso para el manejo de los puestos seriales se tenían dos opciones una trabajarlo en C o en Python que sería más sencillo.

La elección del circuito en el receptor se realizó teniendo en cuenta los beneficios que nos presentaban en tiempo, dinero, y estabilidad. También era necesario tenerlo en cuenta para el tiempo de procesamiento, y la cantidad de recursos usados.
El servidor también debería soportar el instalador del Arduino para poder quemar el Arduino.

Manejar los puertos seriales y otorgarle al Arduino un puerto serial, se debía tener en cuenta la limitación del número de puertos y la corriente de los Hub, la Raspberry es la encargada de controlar el Arduino.

4.2.3.1 Instalación de Apache

Luego de ello y de que logramos con éxito la instalación del sistema operativo, procedemos a instalar apache para ello es necesario entrar en la consola del Raspbian y ejecutar la siguiente instrucción.

Correr sudo apt-get install apache2

Luego de la instalación realizamos la actualización por si hay algún detalle nuevo.

Correr sudo apt-get update

4.2.3.2 Instalación de Arduino

Se realiza la instalación del instalador Arduino y la fecha para el lanzamiento.
Se ejecuta el comando

Correr sudo apt-get install Arduino

4.2.3.3 Instalación de PHP

Para la instalación de PHP es necesario ejecutar este comando:

Correr sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5

La instalación de estos programas, se hace con el objetivo de unir el servidor virtual con HTML, que es el lenguaje que me permite.

4.2.4 Puerto Serial

4.2.4.1 Manejo de Puertos

Para el manejo de los puertos teníamos dos opciones que eran Python o C elegimos en ese caso Python por las ventajas que nos presenta, para bajar la versión actual de la librería para manejo de puertos.

Correr sudo apt-get install python-serial

Luego de iniciados estos servicios, procedemos a reiniciar el apache con el siguiente comando.

Correr sudo service apache2 restart

Con esto terminamos la instalación de la instalación de programas.

4.2.4.2 Configuración de puerto serial

Debes asegurar en ese caso que la primera que el sistema embebido escogido en el Raspberry corresponda al que estamos manejando.

Para la configuración del puerto serial, entramos al Raspbian, luego de ello a Menú, Electrónica, y Arduino Id, comprobamos el puerto.

Luego de ello hacemos otra comprobación, con Herramientas, Tarjeta Arduino, Herramientas y Puertos, comprobamos el puerto, si se desconecta en algún momento se tiene el inconveniente de que cambia el puerto.

Para hacer la verificación de que los puertos estén activos, se entra en consola y se verifica con el siguiente comando

ls / dev / tty *

Se verifica que los puertos estén activos para ello deben aparecer el serial y el puerto que indicamos anteriormente.

4.2.5 Función en Python

Se verifica la conexión entre el Arduino y el Raspberry, y se genera el siguiente código en el Arduino como transmisor.
Código 1 en Anexos.
Se genera un código en Python que se va a encargar de conectar el Arduino con el serial de Raspberry
Código 2. En Anexos.
Aquí se va a enviar al puerto serial al Arduino se genera transmisión constante sobre el canal para que permanezca activo ese código se reutiliza 12 veces en el caso de nuestra tesis asignando los caracteres: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, y l. En términos de capacidad se está generando un transmisor que ocupa solo el 12% de nuestro controlador. Se tenía pensado utilizar para cada receptor un transmisor pero por costos y teniendo en cuenta que los pines del controlador son limitados hubiésemos tenido que comprar 10 microcontroladores más lo cual nos generaría un inconveniente de carga en nuestra Raspberry además de que generaría un sobrecosto, es por este motivo que preferimos optar otra idea que nos sirviera para solucionar estos inconvenientes. El problema bajo esa idea también hubiéramos necesitado un Hub de diez puertos. Entonces preferimos dedicar un canal de transmisión para nuestras cargas variando únicamente el carácter de transmisión en la parte final de la trama.
Cada vez que se apaga el servidor, hay un inconveniente con el puerto, porque aunque lo abre no deja leer y escribir. En ese caso es necesario darle permisos de administrador a los puertos para ello utilizamos los siguiente comandos en consola.

Correr sudo chmod 77 index.php

Para quitar las restricciones que tiene Linux sobre el Python se les da permiso de administración a los programas de Python se hace verificación de que estén funcionando después de permisos todo ello con el siguiente comando.

Correr sudo i chmod 777 /home/pi/servidor

4.2.6 Página en PHP

Se hizo el diseño de la página en la primera parte del código, en la segunda es donde se hace la llamada al código en Python. Código 3 en Anexos.
Se utiliza el comando chmod 777 para el código de PHP, y de esta manera no tener ningún inconveniente en cuanto a problemas administrativos. Se debe ejecutar el servidor y la mejor manera de abrir un puerto serial con Python es garantizar que el puerto serial quede abierto al comienzo

4.2.7 Configuración Ipv6

4.2.7.1 Configuración de Red

Como el Raspberry es doble pila pero no trae abierto el puerto Ipv6 se configura Ipv6 versión con el siguiente comando en consola.

Correr sudo apt-get install AICCu

Correr ifconfig grep inet6

Como observamos esta sería la configuración si estuviéramos usando la configuración para Internet Ipv4

```
auto eth0
allow-hotplug eth0
iface eth0 inet static
    address 10.20.213.185
    network 10.20.213.0
    broadcast 10.20.215.255
    netmask 255.255.252.0
    gateway 10.20.212.6
```

Figura 59 Configuración IPV4

Esta sería la configuración para el caso de IPv6.

```
iface eth0 inet6 static
#pre-up modrpobe ipv6
    address     2801:14:0:ce5e::185
    netmask     64
    gateway 2801:14:0:ce5e::1
```

Figura 60 Configuración IPV6

4.2.7.2Asignación de direcciones Ip fijas.

Para la asignación de IPs fijas se utiliza el siguiente comando:

Correr sudo nano /etc/resolv.conf

La dirección Ip fija con la que entraríamos remotamente se encargaría de proporcionárnosla el administrador de la red. El esquema de conexión de como saldríamos a Internet seria el siguiente

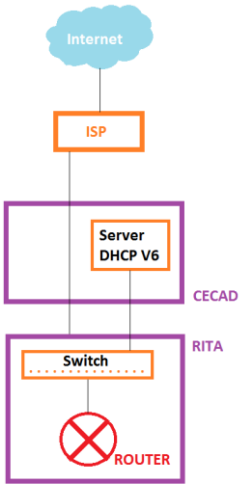


Figura 61 Estructura de RITA y CECAD

4.3 MODULO DE COMUNICACIÓN.

4.3.1 Transceptor

En el caso del transceptor escogimos el nRF24L01 lo seleccionamos por su precio, además de las características de transmisión que nos da, su bajo consumo de potencia, y la compatibilidad que tiene con el microcontrolador que escogimos para la parte de comunicación y de potencia. Además de permitirnos la comunicación como lo deseamos, entre el modulo que estamos diseñando, y el servidor. Para la programación del código de recepción fue necesario importar unas librerías que son libres.

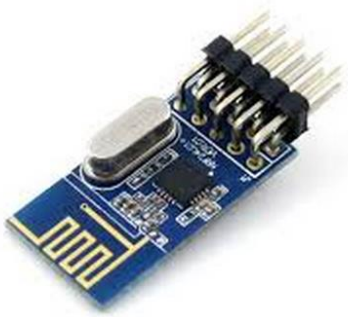


Figura 62 nRF24L01

4.3.2 Modulo de recepcion

El módulo de recepción está compuesto por un transceptor al igual que un microcontrolador Arduino nano, que también se encarga de controlar la etapa de potencia, teniendo dos funcionalidades la primera en la comunicación y la segundael realizar el control de la parte de potencia. Los módulos que se emplearon son para comunicación en RF, pero pueden ser reemplazados por Wi-Fi, la diferencia estaría en los precios de estos dispositivos.

Para el módulo de recepción se utiliza el transceptor el nRF24L01 que ira conectado a un Arduino nano, el cual se encargara tanto de la parte de comunicación como de la parte de potencia. Luego de ello habilitaremos el canal e indicaremos la velocidad de transmisión, llamaremos una función que nos va ayudar a empezar a escuchar, luego definiremos las condiciones de si la señal está disponible y con qué carácter, después del momento donde se toma la lectura, se genera un retraso para no tener ningún inconveniente.

La conectividad de nuestro transductor y del arduino, es basada en la figura 63, donde haremos uso de la segunda columna de la tabla que aparece en la parte izquierda, y usaremos la configuración entre los pines del arduino nano y NRF24l01.

NRF24L01	Arduino UNO, Nano	Arduino Mega
1: GND	pin GND	pin GND
2: VCC	pin 3V3	pin 3.3V
3: CE	pin 9	pin 9
4: CSN	pin 10	pin 10
5: SCK	pin 13	pin 52
6: MOSI	pin 11	pin 51
7: MISO	pin 12	pin 50

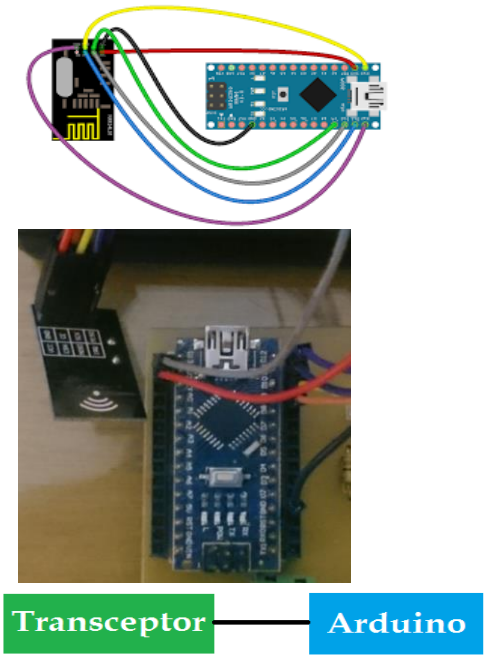


Figura 63 Transceptor y Arduino para recepción

4.3.3 Modulo de emision

El modulo de emision consta de un Arduino uno, que se encuentra conectado mediante el puerto serial a nuestro servidor, quien es el encargado de indicarle al microcontrolador cual es la señal y carácter que debemos enviar.

Se utilizara el mismo modulo inalambrico. La configuracion y forma de envio esta relacionado con las funciones de Python que se generaron para los diferentes tipos de control, el esquema seria el mostrado en la figura 64.

La conectividad de nuestro transductor y del arduino, es basada en la figura 64, donde haremos uso de la segunda columna de la tabla que aparece en la parte izquierda, y usaremos la configuración entre los pines del arduino uno y NRF24l01.

NRF24L01	Arduino UNO,Nano	Arduino Mega
1: GND	pin GND	pin GND
2: VCC	pin 3V3	pin 3.3V
3: CE	pin 9	pin 9
4: CSN	pin 10	pin 10
5: SCK	pin 13	pin 52
6: MOSI	pin 11	pin 51
7: MISO	pin 12	pin 50

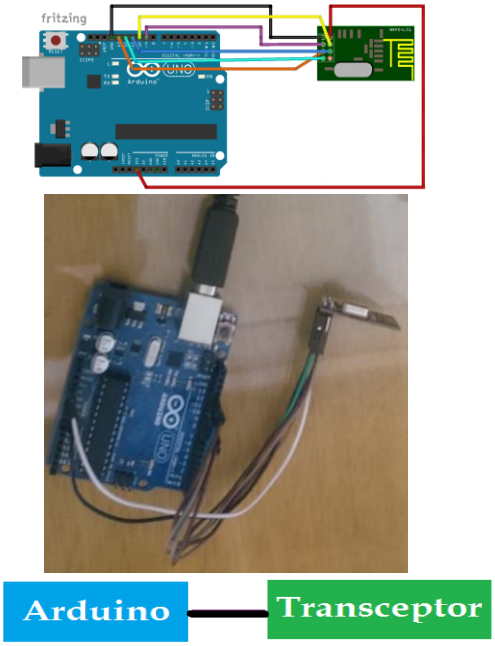


Figura 64 Transceptor y Arduino para emisión.

4.4 ETAPA DE POTENCIA

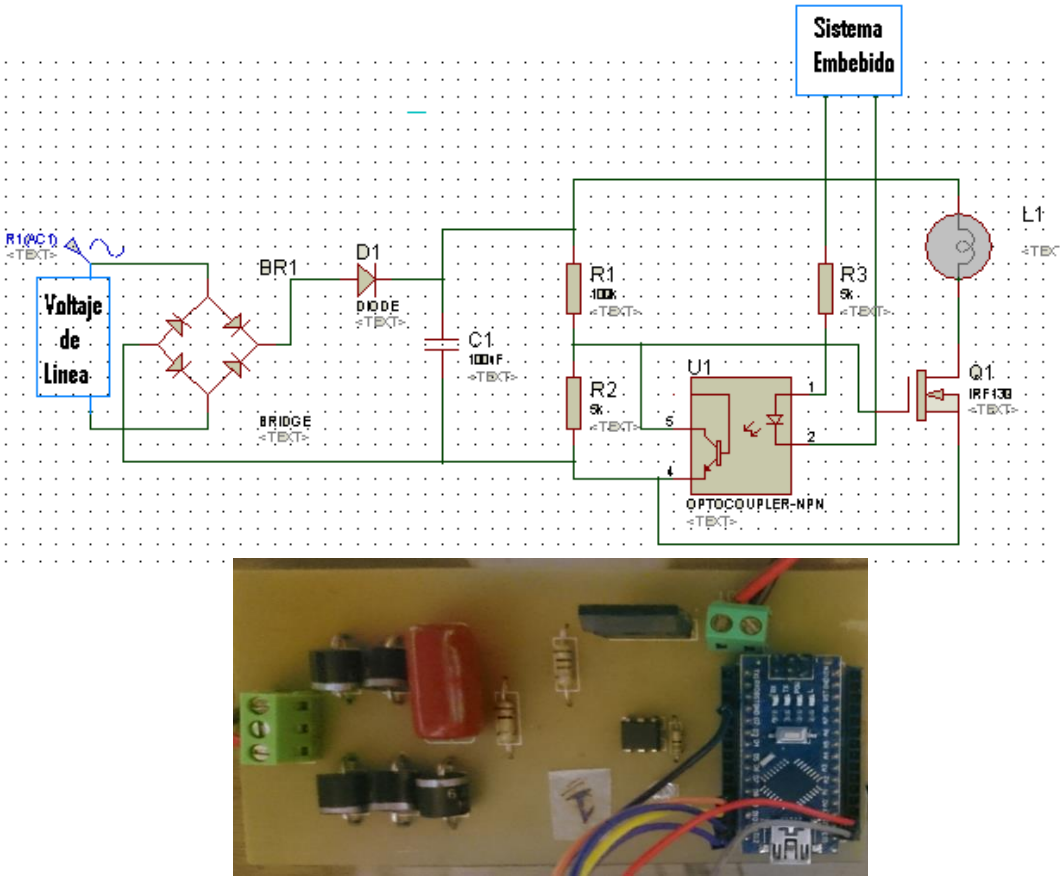


Figura 65 Etapa de Potencia circuito realizado en Proteus y baquela.

Se diseñó la etapa de potencia, partiendo del hecho que al circuito le llegan 120Vp, que son rectificados por un puente de diodos, los cuales se encargaron de convertir la señal de 120Vp en una señal de onda completa. Luego el diodo y el condensador establecen una señal de voltaje DC, es decir que la señal que venía AC se convierte en una señal DC, el valor DC obtenido es:

$V_{dc} = 2(0.318\ V_m) = 2(0.318*120)=76.32V$
$V_{dc} = 76.32V$

Luego de ello se utiliza un divisor de voltaje, donde R2 debe asegurar el voltaje para el disparo de nuestro IRG4PC50w, el cual entre Vge debe estar entre +20 y -20 según datashet, pero lo ideal es que se mantenga sobre en esta ventana, para no forzar el diseño.

V2 = V* (R2/R1+R2)

R1=100 ohms

Siendo V2 el voltaje que debemos asegurar para activar o desactivar las terminales gate-emisor, y que a su ves está en paralelo con el transistor del optocoplador y la resistencia de nuestro divisor, tenemos que escoger una resistencia de un valor pequeño debido a que los voltajes que recibe del micro no superan los 5 voltios, por ello al .

Despejando R2 se obtiene
R2=V2*R1/(V-V2)
Si R1=100K
V2=1V para el valor mínimo se debe asegurar
V=76.32 que es el mismo Vdc

Tenemos que el valor mínimo de resistencia es de 1.33Kohm.

Para el valor máximo de voltaje que nos entrega la salida del arduino se realizan los siguientes cálculos:

Voltaje máximo entregado por el arduino es de 3.6V por ende al calcular la resistencia que debe tener se obtiene:

Despejando R2 se obtiene

R2=V2*R1/(V-V2)
Si R1=100K
V2=3.6V para el valor máximo se debe asegurar
V=76.32 que es el mismo Vdc

Tenemos un valor de 4.95kohm, y el valor más cercano comercial es de 5.1Kohm.

De ahí se desprende que en la medida que se activa un valor de voltaje enviado por el microcontrolador el voltaje en drain que es donde está ubicado el bombillo varia, y de esta manera varia la intensidad lumínica del mismo. Cabe aclarar que este circuito trabaja con lógica inversa, lo que nos lleva a que los valores que llegan del arduino son positivos, pero el IRGpc50w se polariza de forma inversa.

La elección de los componentes se realizó analizando la las características necesarias para que cada uno cumpliera con su función en el circuito. Se eligió un condensador no polarizado con un valor alto para reducir el rizado sobre la señal DC que se obtiene, la elección del IRF se hizo para que soportara los valores de voltaje y de corriente, y para que pudiera cumplir con su función. El optoacoplador con un tiempo de respuesta elevado para una mejor respuesta del circuito.

La señal de control que viene del Arduino depende del mensaje que recibió en ese caso hay cuatro opciones de la señal de control que se recibió, dos de esos mensajes colocan en un nivel alto o bajo la señal de control, y los otros dos son un incremento o decremento, en el caso de que se desee hacer el control por niveles de voltaje.

4.5 INTERFAZ HUMANO-MAQUINA

Se diseñó una interfaz humano- máquina que permite el control de diferentes luces, y así tener la libertad de seleccionar la que se desea controlar. Ver en la figura 66.

Como la interfaz se diseñó en HTML, un navegador web nos permite la conexión desde diferentes dispositivos inteligentes, siempre y cuando estén bajo la cobertura de la misma red.

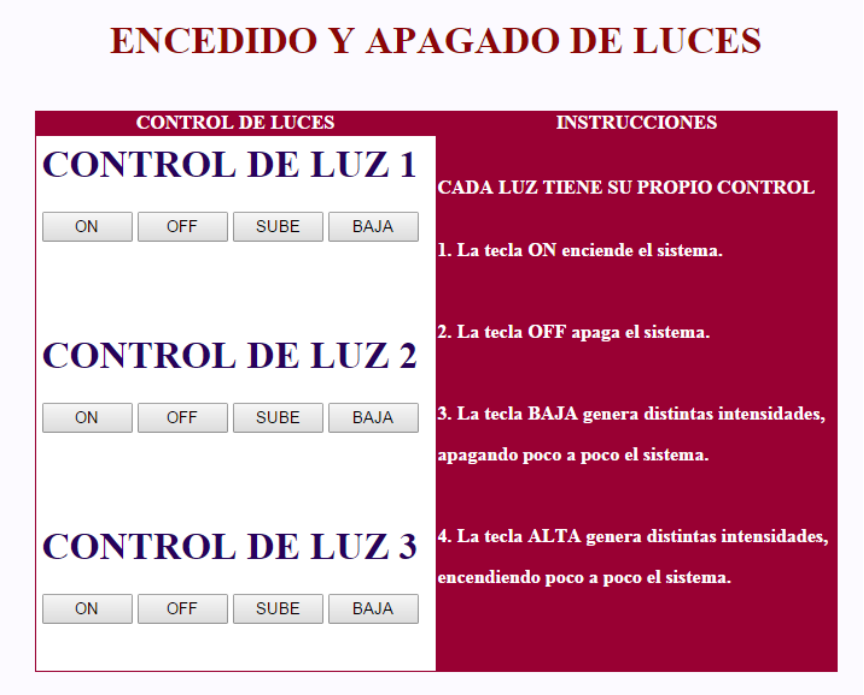


Figura 66 Interfaz humano-maquina.

Como se puede visualizar en el diagrama, se presenta la opción de cada una de las luces que se desea controlar y las cuatro señales de control que hacen referencia al encendido (ON), que da el máximo de luminosidad, apagado (OFF) cero luminosidad, sube(Aumenta la intensidad paso a paso) y baja (disminuye la intensidad paso a paso).

4.6 DISEÑO CON VEINTE CARGAS TEORICAS

Para el diseño con veinte cargas teóricas, sería necesario realizar unas modificaciones en el código de la página en PHP, en este caso añadiendo la invocación a las funciones adicionales en Python que pasarían en este caso a ser ochenta, cuatro funciones por cada luz. Sería también necesario generar las nuevas funciones en Python, para las luces adicionales, el uso de recursos seria el mismo, el otro cambio que se haría sería en el mensaje que se envía, utilizando otros caracteres adicionales para este en código ASCII. Para el caso del receptor sería similar el cambio en el que cada receptor tendría asignados sus cuatro caracteres para realizar el control.

4.7 PRUEBAS DE LA APLICACIÓN Y HARDWARE

Se hicieron pruebas primero en la parte inicial de potencia, luego de ello se realizaron las pruebas de conectividad inalámbrica, y de la configuración de red, que en un principio se hizo para IPV4, luego de ello y con la ayuda del grupo RITA se realizaron las pruebas y la configuración para IPV6, las pruebas también se realizaron desde diferentes dispositivos inteligentes. Fue necesario realizar cambios en los componentes de algunos de los módulos para obtener un buen desempeño.

Para las pruebas de IPV6:

1. Se debe abrir un navegador desde cualquier dispositivo que este dentro de la red, en este caso se abrió moxila Firefox, desde un laptop y un navegador web desde un dispositivo Android, en este caso celular y se agregó la siguiente dirección.

   [2801:14:0:ce5e::1]

2. Al ejecutar tenemos, la página que se observa en la figura.

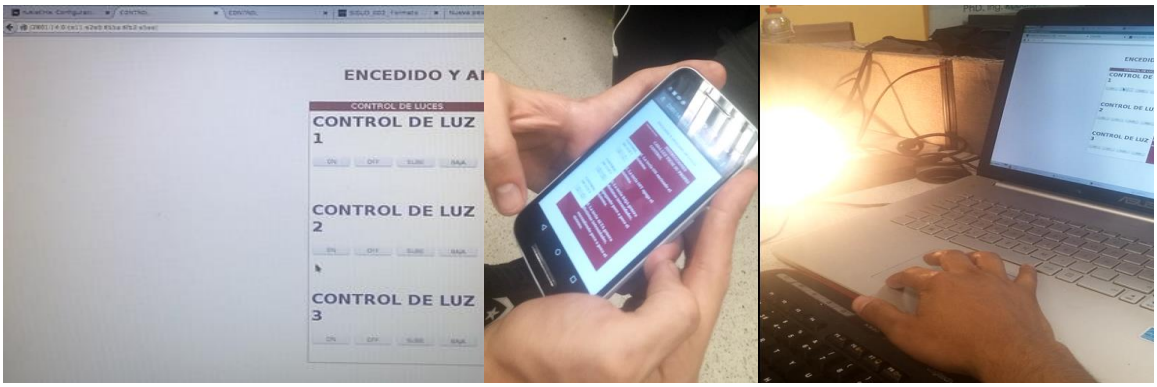


Figura 67 Prueba IPV6.

Para las pruebas de IPV4:

1. Se debe abrir un navegador desde cualquier dispositivo que este dentro de la red, en este caso se abrió mozila Firefox, desde un laptop y un navegador web desde un dispositivo Android, en este caso celular y se agregó la siguiente dirección.

   10.20.213.185

1. Al ejecutar tenemos, la página que se observa en la figura.

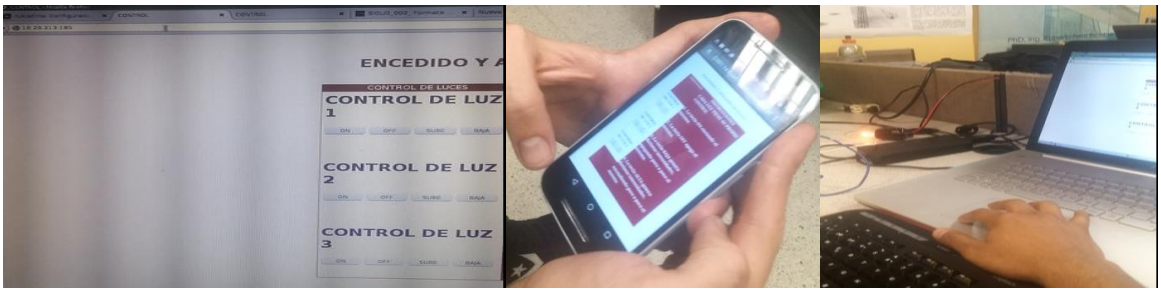


Figura 68 Prueba IPV4

4.7.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS

4.7.1.1 prueba 1. Acceso al servidor-web en IPV4/IPV6

Para esta prueba, se instaló previamente el apache2 y el php5, que son los encargados dentro del sistema operativo raspbian de configurar, nuestro embebido como servidor web.

Hay dos maneras de probar que el sistema quedo configurado:

1. la manera más rápida es abrir un navegador y escribir en el buscador localhost.

2. La otra manera es abrir consola y digitar ifconfig, esto con el fin de saber qué dirección IPV4 e IPV6 el sistema estableció.

```
auto eth0
allow-hotplug eth0
iface eth0 inet static
    address 10.20.213.185
    network 10.20.213.0
    broadcast 10.20.215.255
    netmask 255.255.252.0
    gateway 10.20.212.6
```

Figura 69 IFCONFIG

Luego de esto, se abre el navegador web, y se escribe la dirección que el sistema nos arrojó. Y debe abrirse la misma página que se abre cuando digitamos localhost.

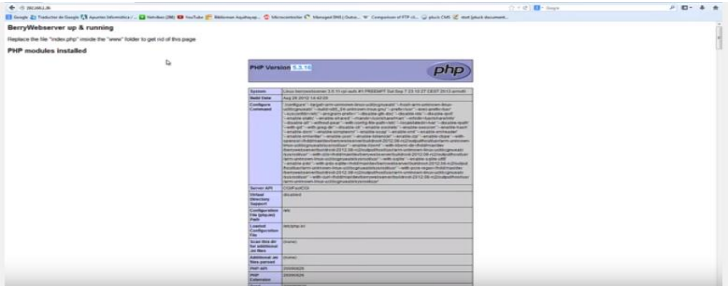


Figura 70 Pagina WEB

Luego al remplaza esta pagina, cuyo directorio es index.php, por la pagina de diseño con el mismo nombre se abrio la pagina de control de luces.

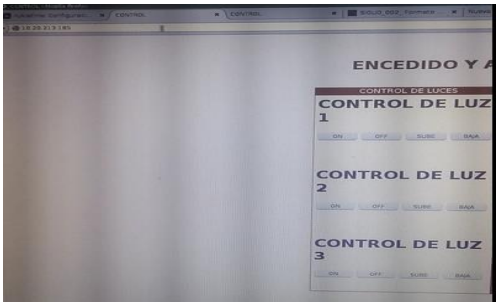


Figura 71 Pagina CONTROL WEB

Al digitar otra dirección en el navegador se tiene que no hay acceso a la página, lo que nos lleva a la conclusión que solo sirve para las direcciones especificadas en IPV4 e IPV6. Con esto se asegura que no cualquiera puede ingresar al servidor. Solo los que conocen la dirección ip de la raspberry.

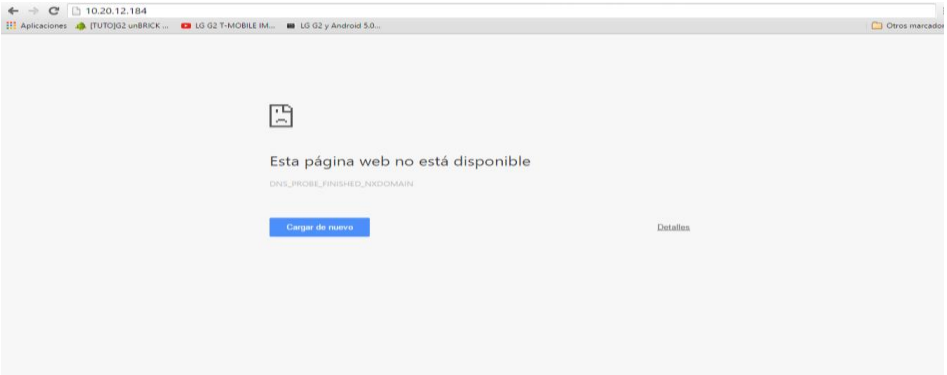


Figura 72 error de conexión

4.7.1.3 prueba 2. Transceiver NFR24l01y arduino como transmisor y receptor. Prueba de transmisión

Para esta prueba, deben instalarse dos paquetes en el raspbian, el primero es el paquete de arduino y el segundo Python-serial. El paquete de arduino nos asegura el reconocimiento del arduino y el Python-serial se usa abrir puertos seriales de la raspbian, y mediante la ejecución de un .py se prueba que se esté transmitiendo información.

- Se conecta el arduino que ya tiene su transceiver a la raspberryç
- Se abre la terminal y se busca el codigo pruebat.py
- luego se ejecuta un código Python, el cual contiene una de función que transmite información y la otra es una función que muestra en pantalla que se está enviando.
- Las pruebas fueron exitosas, y se puede ver que nuestro transmisor está enviando información, de manera continua.

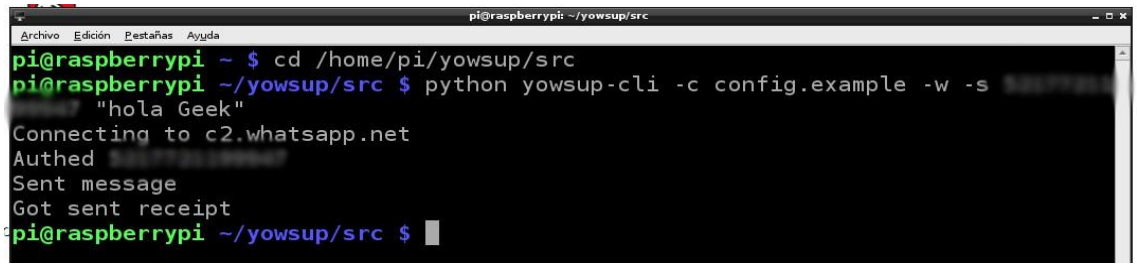


Figura 73 Prueba python

Prueba de recepcion

Para esta prueba se conecta el arduino nano con su respectivo transceiver.

En el transmisor se abre consola y se envia informacion a traves de ahí, nuetro circuito se conecta a una fuente de energia y se inicia el envio de informacion. La prueba fue exitosa y encontramos que perfectamente la informacion es recibida. La palabra que en este caso esta enviando es la letra a, b, c, d. que controlan nuestra luz numero1. En la foto se puede observar el encendido al enviar la letra a.

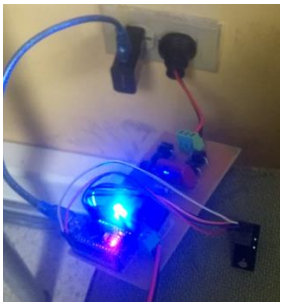


Figura 74 Prueba de encendido

4.7.1.3 prueba 3. Funcionamiento del circuito de potencia.

El circuito de potencia se montó en totalidad y con el microcontrolador, se envían información del tipo análogo, con el fin de observar que este correcto y al mismo tiempo ver la variación de la intensidad lumínica y así establecer el máximo y el mínimo de luminiscencia de la parte de potencia.

Luego de esto se le agrega el transceiver junto con el arduino nano, con el fin de establecer comunicación inalámbrica,

- Se ejecuta consola
- Se busca el código asociando con el nombre prueba.py (programa desarrollado previamente.

- Se envían datos digitando la letra d, que es la que se encarga de aumentar la luminosidad progresivamente.

Figura 75 Luminosidad progresiva

Como se ven las figuras, el funcionamiento o control lumínico en la parte de potencia funciona adecuadamente.

4.7.1.4 prueba 4. Funcionamiento de control HTML/PHP, Python y potencia.

Una vez probada la configuración HTML/PHP, la transmisión, recepción, los puertos y la etapa de potencia, es momento de probar la totalidad del circuito.

Para ello se conecta el arduino UNO a nuestro sistema raspbian y se reinicia (sistema de transmisión), por otro lado tomamos nuestros receptores y los conectamos a alguna toma a una distancia de as o menos 10 metros.

Luego de esto se conecta nuestro sistema raspbian a una red para que tenga internet o intranet, en este caso a IPV6, y simultáneamente se conecta un dispositivo Android a la misma red donde está el raspberry. Y se ejecuta la dirección IPV6 o IPV4, para acceder a la página web y empezar hacer pruebas en totalidad. Los resultados obtenidos es un control total de 3 luces ubicadas en diferentes sitios.

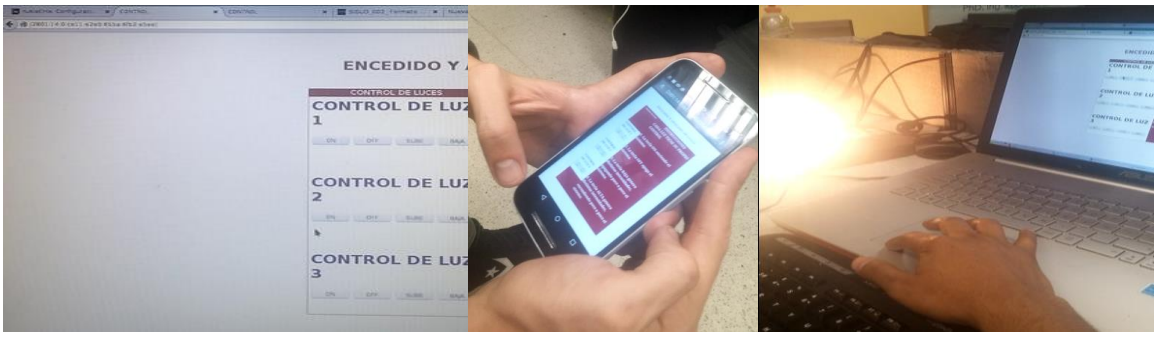


Figura 76 Prueba final

Si se leen las instrucciones que aparecen al lado derecho de la página, se puede hacer efectivo el control de las 3 luces.

- Para la luz 1 se empezaron pruebas, subiendo y bajando la intensidad lumínica, mediante el control de la página. Internamente lo que está sucediendo, es que los botones hechos en HTML ejecutan, mediante un función method una función en PHP que a su vez ejecuta un programa diseñado en Python y que se encarga de abrir el puerto serial, escribir una palabra y enviarla al arduino, el cual pasa dicha palabra al transciver, y este envía un dato de forma inalámbrica a los receptores ubicados en diferentes sitios. Las mismas pruebas se ejecutaron para las luces 2 y 3, y el resultado fue el mismo.

4.8 ANALISIS DE RESULTADOS

Se diseñó una interfaz para el control que está compuesta por varias partes, como lo son la página web en HTML, que con la ayuda de un programa en PHP, nos permite ejecutar un programa en Python para el manejo de los puertos y la comunicación con el receptor, esta interfaz de control y servicio web, fue soportada sobre una Raspberry Pi modelo B, se hizo la configuración para que nos permitiera la conexión a Internet 2 a través de la red Rita de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, y con la asignación de una IP, que nos seria indicada por el Administrador de la red fue necesario adaptar la estructura y los dispositivos, para lograr nuestro objetivo.

Se diseñó el control como antes se mencionó soportados en nuestro servidor, y en la programación realizada en nuestro Raspberry, siendo únicamente necesario para la implementación para las veinte cargas, una adicción de funciones en Python, para el envió de la señal de control, donde se asignaría a cada función un carácter, y una adición en nuestro código de PHP, utilizando los mismos recursos, siendo un sistema recursivo, y flexible que se puede acomodar a nuestras necesidades.

Se diseñó el sistema de potencia, fundamentados en nuestros componentes de potencia, al igual que en la señal de control, y los dispositivos que cumplirían con esta función, siendo un diseño sencillo pero funcional, fue necesario pasar por varios diseños, analizando sus ventajas y desventajas siendo el escogido el que nos pareció mas practico y acorde al desarrollo del proyecto.

Se diseñó e implemento una página web que estaría alojada en nuestro servidor, y que fue desarrollada en PHP, y que permite realizar el control sobre las luces, basado en cuatro señales, destinadas a apagar, encender, incrementar o atenuar la luz, y permitiendo conectarnos desde diferentes dispositivos inteligentes al ser una página web, se hicieron pruebas desde diferentes dispositivos sin presentar ningún inconveniente para el control.

Se realizó la comprobación del sistema completo, en cada uno de sus módulos, y en la programación de cada uno de ellos, fue necesario pasar por varios sistemas embebidos, y la realización de pruebas de tiempos de respuesta, y de funcionamientos de los diferentes códigos generados para cumplir con los objetivos de nuestro proyecto.

Se elaboró la documentación correspondiente para la compresión e implementación de cada uno de los módulos, al igual que los dispositivos usados para lograr este objetivo, basándonos en información previa, y en conocimientos que fuimos adquiriendo a medida que se fue desarrollando el proyecto.

En el diseño de tesis se aseguró utilizar conocimiento en materias como digitales 3, en el caso de micro-controladores, bases de datos para el servidor web. Electrónica de potencia para el control lumínico, transductores que hacen parte de comunicaciones análogas. Y en una nueva materia que está surgiendo que se llaman sistemas embebidos.

5. CONCLUSIONES

Para poder realizar la implementación de nuestro proyecto fue necesario aprender varios lenguajes de programación para poder desarrollar con más versatilidad el proyecto, se logró desarrollar un cómodo que permite el control de 3 cargas, pero que esta diseñado para ser capaz de controlar más de veinte cargas en la teoría sin ser tan complejo el paso a la práctica. Las cargas que desee nuestro usuario final se pueden agregar con algunas modificaciones y así ajustarlas a medida.

Fue necesario conocer la infraestructura de la red Rita de la Universidad Distrital, y las diferencias más representativas entre IPV4 e IPV6. Actualmente para el desarrollo de diferentes proyectos es necesario conocer diferentes métodos de implementación, al igual que opciones tecnológicas para diversos desarrollos tanto en hardware como en software.

Conocer el componente es muy importante, y más en el momento del diseño de una aplicación específica, pues sobre el papel todo funciona, pero a la hora de poner en práctica los factores externos varían nuestro sistema, un ejemplo claro de esto se vio a hora de transmitir, ya que se creía por teoría que podría llegar a tener un máximo de 500 metros. Pero luego de realizar pruebas llegamos a concluir que en ambientes

totalmente abiertos, no son 500 metros, que el máximo de transmisión son dieciocho metros. Y en sistemas cerrados, donde hay diferentes interferencias por alguna fuente o la arquitectura del sitio, el máximo de transmisión son doce metros. Siendo necesario para transmitir a una mayor distancia otras opciones, y entrando a reevaluar soluciones como darle una mayor potencia a los transductores o como una segunda opción buscar otro medio de transmisión y recepción de datos.

Para el desarrollo de cada uno de los módulos del proyecto, se deben establecer objetivos puntuales para el modulo, y luego de ello buscar una idea para solucionarestos requerimientos, y a partir de esa idea ir diseñando la implementación. Esto lo notamos cuando usamos el sistema embebido, específicamente el Raspberry para nuestro caso, quien nos facilito la conexión tanto a Internet como a Internet2, porque este sistema nos permite por su doble pila la conectividad a redes que manejen el protocolo de Ipv4 tanto como el protocolo Ipv6, siendo implementados en un mismo servidor, y dándonos una versatilidad para conectarnos a ambas redes. En comparación con los módulos w5100 y 24j60 que solo nos permiten el acceso mediante una u otra. Es decir que w5100 solo permite el acceso mediante Ipv4 y 24j60 mediante Ipv6, lo que empuja a que el sistema mediante este modulo se vean restringido por acceso.

El aprender de nuevas arquitecturas, y adaptarse a las mismas se hace necesario para el desarrollo de proyectos, especialmente en el ámbito empresarial. Donde se requiere adaptación inmediata y pese a que es mucho el tiempo para el análisis de cada componente, es necesario agilizar el proceso de aprendizaje, y esto ayuda a que se mantenga en constante mejora los criterios de diseño conforme van surgiendo nuevas tecnologías.

Si se utilizan los módulos w5100 y 24j60, el microcontrolador se vería saturado porque el servidor quedaría en la rom del mismo, lo que restringe fuertemente la cantidad de cargas y de datos que se podrían llegar a colocar en el estos. Además que se ve afectada la velocidad de respuesta de la pagina Web y el sistema embebido. Por ello una ventaja clara de usar Raspberry es que el servidor puede llegar a tener más capacidad de almacenamiento de datos que el microcontrolador lo que hace más factible que este soporte mas de 20 cargas en la Web y nos asegura el funcionamiento y tiempo de respuesta que necesitamos para esta aplicación.

RECOMENDACIONES

Para proyectos futuros se puede realizar un análisis por modulo, y enfocarse en obtener el mejor desempeño en este. Se recomienda conocer lo básico de diversos lenguajes de programación, para poder solucionar inconvenientes que se presentan en la implementación de proyectos. Es necesario conocer de una persona especializada en diferentes ámbitos, para tener un soporte en caso de inconvenientes, que pueden ser sencillos pero que sin la experiencia quitan tiempo. Se recomienda realizar una

investigación previa profunda acerca de las diferentes posibilidades para el desarrollo tanto en software como en hardware, antes de empezar a trabajar en los proyectos, porque actualmente las posibilidades son casi infinitas. Se puede mejorar el desempeño de cada uno de los módulos, pero esta laborar toma un tiempo mayor tanto en la investigación como en la implementación y la práctica, al igual que hacer un análisis de las ventajas y desventajas del sistema actual, y buscar soluciones puntuales, para obtener un mejor desempeño global.

BIBLIOGRAFÍA

Tanenbaum, A. (2006) Computer networks, Ed. Prentice Hall

Bertsekas, D. (1992) Data networks, Ed. Prentice Hall

Schwartz, M. (1987) Telecomunications Networks. Protocols. Ed. Prentice Hall

Kobayashi H. (1978) Modeling and analysis, Ed. Adyson Wesley

Stallings, W. (2006) Data and computer communications, Ed. Prentice hall

Stallings, W. (1995) Isdn and broadband isdn with frame relay and atm. Ed. Prentice hall

Alabau A. y Riera J. (1992) Teleinformática y redes de computadores, Barcelona, Ed. Marcombo Boixereau

Black U. (1989) Data Networks, concepts, theory and practice, Ed. Prentice Hall International Editions.

Stallings W. (1990) Handbook of Computer Communications Standards Ed. Howard W. Sams & Company

Davies, D. W. Barber, D. L. A. Pride, W. L. and Solomonoides C. M. (1980) Communications network and their protocols Ed. John Wiley & Sons

Macchi, C. Guilbert J. F. (1986) Teleinformatique: transport et traitement de l ‘information dans les reseaux et systemes teleinformatiques. Ed. Dunod

(1970) Binary Synchronous Communications Data link Control IBM General Information GA 27 3093 - 2

(1979) Data Communications - High level Data link Control Procedures. Frame Structure ISO DIS 3309

Data Communications - High level Data link Control Procedures. Elements of Procedure ISO DIS 4335

Data Communications - High level Data link Control Procedures. Unbalanced Classes of Procedures ISO DIS 6159

Data Communications - High level Data link Control Procedures. Balanced Classes of Procedures ISO DIS 6256

System Network Architecture Concepts and products IBM GC 30 3072-0
System Network Architecture Technical Overview IBM GC 30 3073 -1

System Network Architecture Format and Protocols IBM SC 30 3098

Redes de Comunicación de Datos: Servicios y facilidades. Recomendaciones X.1 a X.15 UIT - T

Redes de Comunicación de Datos: Interfaces. Recomendaciones X.20 a X.32 UIT - T

Redes de Comunicación de Datos: Transmisión, señalización, conmutación, aspectos de redes, mantenimiento y disposiciones administrativas. Recomendaciones X.40 a X.181 UIT - T

Ginsburg, D (1999) ATM solutions for Enterprise Interworking, Ed. Addison Wesley

Flanagan W. (1994) ATM Asynchronous Transfer Mode User´s Guide Ed. Flatiron Publishing Inc.

McDysan D. y Spohn D. (1998) ATM Theory and Application Ed. McGraw Hill Series

Alzate Builes, F. J. (2003). Modulos instruccionales para la información profesional. UPB. Medellin: Escuela de Ingenierías.
Carrasquilla Gomez, G. A., & Moreno Betancour, J. A. (1999). Aspectos generales de las instalaciones residenciales apoyadas en multimedia. UPB. Medellin: Facultad de Ingeniería Eléctrica.

Correa, C. M., & Uribe, I. A. (2007). Dialnet. Recuperado de http://dialnet.unirioja.es/: http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2668707&orden=0

(2014) Internet 2 http://www.internet2.edu/

(2014) Red Clara http://www.redclara.net

(2014) Lantronix http://www.lantronix.com/
IV Congreso KNX Eficiencia Energética y sostenibilidad en Edificios y viviendas Madrid del 23 al 26 de octubre 2012.

PHILIPS Catalogo sistemas de Control PHILIPS sense and simplicity

(2014) Automation Simplified de www.homeauto.com

Schneider Electric Introducción al control de Iluminación LONWORKS Schneider Electric

LUTRON Control centralizado de iluminación | Soluciones integradas LUTRON Schneider Electric Soluciones en control de Iluminación Schneider Electric Domótica Soluciones Integrales S.L. (1999). DOMOTICA.NET. (Domotica.Net) Recuperado de http://domotica.net/

ELI Argentina. (2002). Editorial Universitaria de la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL Argentina. (UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL y ELI ARGENTINA) Recuperado de Manual de Iluminación Eficiente : http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/#libro

Gerd Waloszek, P. D. (2000). Interaction Design Guide for Touchscreen Applications. Recuperado de Interaction Design Guide for Touchscreen Applications: http://www.sapdesignguild.org/resources/tsdesigngl/index.htm

Gil Moreno, J. (2001). Instalaciones Automatizadas En Viviendas Y Edificios - 2ª Ed. Thomson Paraninfo, S.A.

Guash Farrás, J. (2008). Iluminación tomo 2 capitulo 46. En OIT, Enciclopedia OIT de Salud y Seguridad en el Trabajo. OTI.

Herrera Quintero, L. F. (2003). SciELO – Scientific Electronic Library Online. Recuperado de SciELO: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092005000200006&script=sci_arttext

Huidobro, J. M., & Millán Tejedor, R. J. (2004). Domótica: Edificios Inteligentes. Creaciones Copyright S.L.

Junestrand, S., Passaret, x., & Vazquez, D. (2004). Domótica y hogar digital. Paraninfo.

Kirschning, I. (1992). Dra. Ingrid Kirschning Albers. Recuperado de Edificios Inteligentes: http://ict.udlap.mx/people/ingrid/ingrid/tesisEI.html

Konexx. (2000). konexx. Recuperado de http://www.konexx.com/

Leonardo ENERGY en ESPAÑOL. (2010). Leonardo ENERGY en ESPAÑOL. (Leonardo ENERGY) Recuperado de http://www.leonardoenergy. org/espanol/

Martínez Gómez, J. M. (2007). Enfoque metodológico para el diseño de interfaces de usuario, tesis (magíster en informática) - UIS. Escuela de ingeniería de sistemas e informática. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Microsoft® Windows®. (2011). msdn. Recuperado de msdn: http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc872774.aspx

O'DRISCOLL, G. (2000). Essential Guide to Home Networking Technologies. Ed. Prentice Hall.

Quintero Herrera, L. F. (2005). Viviendas Inteligentes.
Roe, B. (2004). mundogeek. Recuperado de Diseño de Interfaces de Usuario Usables: Una Guía Rápida para Desarrolladores de Software Libre y de Código Abierto: http://mundogeek.net/traducciones/interfaces-usuario-usables/gui.html

Romero, M. A. (1998). web site de Miguel Angel Romero. (M.A.Romero) Recuperado de 2010, de http://www.nova.es/~mromero/domotica/domotica.htm

SIEMENS. (2009). Manual de producto LOGO Alemania.

SIEMENS. (2008). Manual del sistema de automatización S7-200. Nüremberg, Alemania.

Vargas Vargas, Á. (2008). Instituto de eneseñansa segundaria politecnico

Hemenegildo Lanz. (2010) Recuperado de http://ieshlanz.com/:

Huidobro, J. M., & Millán Tejedor, R. J. (2004). Domótica: Edificios Inteligentes. Creaciones Copyright S.L.

Junestrand, S., Passaret, x., & Vazquez, D. (2004). Domótica y hogar digital. Paraninfo.

Kirschning, I. (1992). Dra. Ingrid Kirschning Albers. Recuperado de Edificios Inteligentes: http://ict.udlap.mx/people/ingrid/ingrid/tesisEI.html

Konexx. (2000). konexx. Recuperado de http://www.konexx.com/

Leonardo ENERGY en ESPAÑOL. (2010). Leonardo ENERGY en ESPAÑOL. (Leonardo ENERGY) Recuperado de http://www.leonardoenergy. org/espanol/

Martínez Gómez, J. M. (2007). Enfoque metodológico para el diseño de interfaces de usuario, tesis (magíster en informática) - UIS. Escuela de ingeniería de sistemas e informática. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Microsoft® Windows®. (2011). msdn. Recuperado de msdn: http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc872774.aspx

O'DRISCOLL, G. (2000). Essential Guide to Home Networking Technologies. Ed. Prentice Hall.

Quintero Herrera, L. F. (2005). Viviendas Inteligentes

Internet 2 (2015) Recuperado de http://www.internet2.edu/

Tecnologias 2 (2015). Recuperado de: http://jorge2377.blogspot.com.co/2013/11/internet-2-y-metabuscadores.html

History of all thing technology (2015) Recuperado de http://zeraya.com/history-of-internet2-the-first-10-years/

Wikipedia (2015) Recuperado de : https://en.wikipedia.org/wiki/Internet2#History

Internet2 (2015). Recuperado de: http://www.internet2.edu/about-us/

Forbes. (2015) Recuperado de: http://www.forbes.com/top-colleges/list/4/#tab:rank

Internet2 (2015). Recuperado de: http://www.internet2.edu/communities-groups/members/all/all/all/all

Red Clara. (2015). Recuperado de: http://www.redclara.net/index.php/somos/sobre-redclara/historia

RED CLARA (2015) Recuperado de: http://www.redclara.net/index.php/somos/sobre-redclara

Evolución Red Clara (2015) Recuperado de: https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiXiMObvcvJAhUFXh4KHePHDRgQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fportal.oas.org%2FLinkClick.aspx%3Ffileticket%3DaSrfdKu2TDc%253D%26tabid%3D1559%26language%3Des-CO&usg=AFQjCNH_xhHYrNbKMaU3P6brfViakfdRGA&sig2=HEi4_0poC3c4Gtu9c8ou2Q

Scheneider (2015) Recuperado de: http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/cbbf66857f3a9d22852579bc0063dd50/$FILE/600039D10-introduccion-control-iluminacion-lonworks.pdf

Elmundo.es. (2015) Recuperado de: http://www.elmundo.es/elmundo/2009/10/19/navegante/1255935009.html

Technoimport. (2015) Recuperado de: http://www.technoimport.com.co

Masaquiza Masaquiza C. S. (2015). “Sistema de control de iluminación y seguridad para la corporación museo de la cultura indígena del pueblo salasaka”, Universidad técnica de Ambato, Facultad de ingeniería en sistemas, electrónica e industrial. Ecuador. Recuperado de : http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8601/1/Tesis_t959ec.pdf
Phillips (2015) Recuperado de: http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Catalogo%20de%20SC.pdf

TST (2014) Recuperado de: www.tst-sistemas.es/soluciones/control-del-alumbrado
Schneider (2015) Recuperado de: http://www.schneider-electric.com.co/documents/KNX/brochure-KNX-version-web.pdf

Madrid Mas (2015) Recuperado de: http://www.madrimasd.org/informacionIDI/noticias/noticia.asp?id=48323

Loxone (2015) Recuperado de: www.loxone.com/eses/smart-home/iluminacion.html

Encelium (2015) Recuperado de: http://iluminet.com/encelium-iluminacion-automatizada/

Carrasquilla Gómez, G. A. Moreno Betancur, J. A. (1999). Aspectos generales de las instalaciones residenciales apoyadas en multimedia. [Tesis Pregrado Ingeniería eléctrica] Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de ingeniería eléctrica. Medellín.

Álzate Builes, F. J. (2003) Domótica e Inmótica: módulos instruccionales para la formación profesional. [Tesis Especialista en Automática] UPB Escuela de ingenierías. Medellín.

Román Jiménez R. A. (2011) Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. [Tesis pregrado Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de diseño industrial, Bucaramanga.

Junestrand S, Passaret X, Vázquez D. (2004) Domótica y hogar digital. Editorial Paraninfo.

Herrera Quintero L.F. (2005) Viviendas Inteligentes (Domótica), Revista Ingeniería e investigación.

Raitelli M. (2006) Diseño de la iluminación de interiores. Manual de Iluminación Eficiente. pp. 2 Argentina. http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/eli.html
Rodríguez Molina E. O. (2007) Diseño e implementación de una interfaz de usuario para la herramienta software multimedia de apoyo a la enseñanza y aprendizaje de la música en niños de cinco a siete años de edad. [Titulo de Diseñador Industrial] Universidad Industrial de Santander, Facultad de ingenierías físico mecánicas, Escuela

de diseño industrial, Bucaramanga. Tomado de :
http://repositorio.uis.edu.co/jspui/handle/123456789/5634

Cortés A. F. (2015) Sidar Recuperado de:
http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/dcu.htm

IEEE Standars association (2015) recuperado de:
https://standards.ieee.org/develop/policies/opman/sect8.html

ARRL (2015) Recuperado de http://www.arrl.org/part-97-amateur-radio
Wi-Fi Alliance Recuperado de http://www.wi-fi.org/who-we-are
Official IEEE 802.11 Working group project timelines 2015-11-16 Recuperado de
http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11_Timelines.htm

Wi-Fi planet (2015) Recuperado de: http://www.wi-
fiplanet.com/tutorials/article.php/3680781

IEEE 802.11ac What does it means for test (2015) Recuperado de:
http://litepoint.com/whitepaper/80211ac_Whitepaper.pdf

Wireless Networks: the definitive guide (2015) Recuperado de:
http://archive.oreilly.com/wireless/2003/08/08/wireless_throughput.html

Wireless networking in the developing world (2015) Recuperado de:
http://wndw.net/pdf/wndw2-en/wndw2-ebook.pdf

Lemstra, W. Hayes, V. Groenewegen, J (2010) The Innovation Journey of Wi-Fi: The Road To Global Success, Ed. Cambridge University Press.

Angelakis, V. Papadakis, S. Siris, V. Traganitis, A. (2011). "Adjacent channel interference in 802.11a is harmful: Testbed validation of a simple quantification model".

ANEXOS

Anexo A Emisor:

```
#include <nRF24L01.h>       //Librería en C que controla nuestro transductor.
#include <RF24.h>           // Se encarga de dar a los pines valores de entrada y de
salida.
#include <RF24_config.h>    // Escribe o lee
#include <SPI.h>            // Es propia del Arduino y es la encargada de usar el SPI
                            que //poseen los microcontroladores

char msg[1] ;                                   //Array a transmitir
RF24 radio(9,10);                                // Creamos un objeto radio del tipo RF2$
--- CSN CE
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;    // Usamos este canal -- se pueden utilizar n
canales pero
                                          //ese fue el que se selecciono
char t;
void setup(void){
  Serial.begin(9600);                           // velocidad de transmisión y recepción
  radio.begin();                                // Empieza la transmisión
  radio.openWritingPipe(pipe);}                 // Abrir para escribir y empezar a transmitir
                                          todo lo que    // llega
void loop(void){
  t=Serial.read();                        //Leer lo que viene de puerto serial
    msg[0] = t;                           //Se carga el mensaje a una variable tipo string se
                                          utiliza   // como una conversión de variables.
    radio.write(msg, 1);                        // Se genera la trama para transmitir la letra
anterior
   delay(10);                             // Se genera un retraso para asegurar de que solo
                                          toma    // una letra
}
```

Anexo B Página en PHP

```
<html>

 <head>
          <title>CONTROL</title>
 </head>

 <center>
 <br><br>
 <body BGCOLOR="FCFAFF">
 <h1><FONT COLOR="#8B0606">ENCEDIDO Y APAGADO DE LUCES
</h1></FONT>
 <br>

<table width="665" border="0" cellspacing="0" cellpadding="1">

  <tr bgcolor="#990033" align="center">
  <td><b><font color="#FFFFFF">CONTROL DE LUCES</font></b></td>
  <td><b><font color="#FFFFFF">INSTRUCCIONES</font></b></td>
  </tr>


        <tr bgcolor="#990033">
        <td><table width="100%" border="0" cellspacing="0" cellpadding="5">

        <tr bgcolor="#FFFFFF">
           <td>

            <h1><FONT COLOR="#27025A">CONTROL DE LUZ 1</h1>
          <form action="" method="POST">--- metodo post lo encapsula
       <input type="submit" value="ON" style=width:75px;height:25px
name='prende1a'>
       <input type="submit" value="OFF" style=width:75px;height:25px
name='prende1b'>
          <input type="submit" value="SUBE" style=width:75px;height:25px
name='prende1c'>
          <input type="submit" value="BAJA" style=width:75px;height:25px
name='prende1d'>

            <br><br><br><br>
            <h1>CONTROL DE LUZ 2</h1>
       <input type="submit" value="ON" style=width:75px;height:25px
name='prende2e'>
       <input type="submit" value="OFF" style=width:75px;height:25px
name='prende2f'>
```

```
          <input type="submit" value="SUBE" style=width:75px;height:25px
name='prende2g'>
          <input type="submit" value="BAJA" style=width:75px;height:25px
name='prende2h'>

            <br><br><br><br>
            <h1>CONTROL DE LUZ 3</h1>
            <input type="submit" value="ON" style=width:75px;height:25px
name='prende3i'>
       <input type="submit" value="OFF" style=width:75px;height:25px
name='prende3j'>
          <input type="submit" value="SUBE" style=width:75px;height:25px
name='prende3k'>
          <input type="submit" value="BAJA" style=width:75px;height:25px
name='prende3l'>

            </FONT>
            <br><br>

          </td>
          </tr>
       </tr>
       </table>
       </td>

      <td><b><font color="#FFFFFF">CADA LUZ TIENE SU PROPIO
CONTROL</font> <br><br>

      <p><font color="#FFFFFF">1. La tecla ON enciende el sistema.</font></p><br>
      <p><font color="#FFFFFF">2. La tecla OFF apaga el sistema.</font></p><br>
      <p><font color="#FFFFFF">3. La tecla BAJA genera distintas
intensidades,</font></p>
      <p><font color="#FFFFFF">   apagando poco a poco el sistema.</font></p><br>
      <p><font color="#FFFFFF">4. La tecla ALTA genera distintas
intensidades,</font></p>
      <p><font color="#FFFFFF">   encendiendo poco a poco el
sistema.</font></p><br>


     </b>
     </td>

          </td>

   </tr>
   </table>
```

```
</center>
</body>
</html>


// PHP si permite ejecutar archivos.

if ($_POST[prende2a]) {
   $a=exec('sudo Python /home/pi/servidor/ejemplo1b.py');
   echo $a;
  }

if ($_POST[prende3a]) {
   $a=exec('sudo Python /home/pi/servidor/ejemplo1c.py');
   echo $a;
  }

if ($_POST[prende4a]) {
   $a=exec('sudo Python /home/pi/servidor/ejemplo1d.py');
   echo $a;
  }

if ($_POST[prende2e]) {
   $a=exec('sudo Python /home/pi/servidor/ejemplo1e.py');
   echo $a;
  }


if ($_POST[prende2f]) {
   $a=exec('sudo Python /home/pi/servidor/ejemplo1f.py');
   echo $a;
  }

if ($_POST[prende2g]) {
   $a=exec('sudo Python /home/pi/servidor/ejemplo1g.py');
   echo $a;
  }


if ($_POST[prende2h]) {
   $a=exec('sudo Python /home/pi/servidor/ejemplo1h.py');
   echo $a;
  }

if ($_POST[prende3i]) {
   $a=exec('sudo Python /home/pi/servidor/ejemplo1i.py');
```

```
  echo $a;
 }


if ($_POST[prende3j]) {
  $a=exec('sudo Python /home/pi/servidor/ejemplo1j.py');
  echo $a;
 }

if ($_POST[prende3k]) {
  $a=exec('sudo Python /home/pi/servidor/ejemplo1k.py');
  echo $a;
 }


if ($_POST[prende3l]) {
  $a=exec('sudo Python /home/pi/servidor/ejemplo1l.py');
  echo $a;
 }
```

Anexo C: Receptor

```
#include <nRF24L01.h> --- lo mismo
#include <RF24.h>
#include <RF24_config.h>
#include <SPI.h>

String readString=String(30);
char msg[1]; -- declaracion variable
RF24 radio(9,10); --- recibe
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL; este es el canal
char p= 'a';
int s=0;
int led2=3; prende el led dos que está en el pin 2 del Arduino
void setup(void){
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(1,pipe); abre el canal
  radio.startListening(); empieza a escuchar
  pinMode(led2, OUTPUT); se define la salida en el pin 2
}

void loop(void){
  if (radio.available())
  {

    // bool done = false;            -- variable antigua control on
off
    char done = radio.read(msg, 1);  -- está leyendo lo que le es
transmitido y lo coloca en la variable done

    //lastmsg = msg[0];
   Serial.println(msg[0]);      me escribe en puerto serial lo que
está recibiendo
    delay(1);                retraso de 1 milisegundo
   if(msg[0]=='c')              si el mensaje que llega es una c
    {
   s=s+32;                   rango de intensidades
   analogWrite(led2, s);   // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
   if (s>=255)
   {
   s=255;
   analogWrite(led2, s);

   }
    }
  if(msg[0]=='d')
    {
    s=s-32;
   analogWrite(led2, s);   // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)
```

```
   if (s<=0)
   {
   s=0;
   analogWrite(led2, s);   // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)

    }
    }


    if(msg[0]=='a')
    {
     s=255;
   analogWrite(led2, s);   // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)


    }
    if(msg[0]=='b')
    {
     s=0;
   analogWrite(led2, s);   // turn the LED on (HIGH is the voltage
level)


    }

  }
}
```

Anexo D Codigo Python

Codigo ejemplo1a.py

```
import serial

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
    comando = 'a' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break

arduino.close()
```

ejemplo1b.py

```
import serial

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
    comando = 'b' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break

arduino.close()
```

ejemplo1c.py

```
import serial

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
    comando = 'c' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break

arduino.close()
```

ejemplo1d.py

```
import serial

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
    comando = 'd' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break

arduino.close()
```

ejemplo2e.py

```
import serial

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
```

```
    comando = 'e' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break

arduino.close()
```

ejemplo2f.py

```
import serial

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
    comando = 'f' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break

arduino.close()
```

ejemplo2g.py

```
import serial

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
    comando = 'g' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break

arduino.close()
```

ejemplo2h.py

```
import serial
```

```
arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
    comando = 'h' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break

arduino.close()
```

ejemplo3i.py

```
import serial

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
    comando = 'i' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break

arduino.close()
```

ejemplo3j.py

```
import serial

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
    comando = 'j' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break
```

```
arduino.close()
```

ejemplo3k.py

```
import serial

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
    comando = 'k' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break

arduino.close()
```

ejemplo3l.py

```
import serial

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

print("Starting!")

while True:
    comando = 'l' #Input
    arduino.write(comando) #Mandar un comando hacia Arduino
        break

arduino.close()
```