



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA
E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**

Tema:

**SISTEMA INALÁMBRICO DE ILUMINACIÓN AUTOMATIZADO PARA
EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO
ADMINISTRATIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

Trabajo de Graduación Modalidad TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

AUTOR: Esteban Andrés Romo Bejarano.

TUTOR: Ing. M.Sc. Julio Cuji Rodríguez.

Ambato – Ecuador

Noviembre 2012

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “**Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado para el ahorro de Energía Eléctrica en el Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial**”, del señor **Esteban Andrés Romo Bejarano**, egresado de la Carrera de Ingeniería en **Electrónica y Comunicaciones**, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para obtener el título terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 20 de Noviembre del 2012

EL TUTOR

Ing. M.Sc. Julio Cuji Rodríguez

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: **“Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado para el ahorro de Energía Eléctrica en el edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial”**, es absolutamente original, autentico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, 20 de Noviembre del 2012

Esteban Andrés Romo Bejarano

CC:

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los docentes Ing. M.Sc. Marco Jurado Lozada e Ing. M.Sc. Juan Pablo Pallo Noroña, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “**Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado para el ahorro de Energía Eléctrica en el edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial**”, presentado por el señor **Esteban Andrés Romo Bejarano**, de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. M.Sc. Oswaldo Paredes Ochoa
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.Sc. Marco Jurado Lozada
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. M.Sc. Juan Pablo Pallo Noroña
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, a él toda la gloria y la honra, quien ha guiado mi camino y por darme la sabiduría y la fuerza para culminar esta etapa académica.

A mis padres Sergio y Lupe, quienes me inculcaron a batallar y no decaer en la lucha del saber y brindarme su alegría y amistad que llevaré grabado en mi alma

A mi sobrino, que tendrá un ejemplo de vida para comprender que la preparación constante es aquella que va abriendo nuevos senderos.

Esteban A. Romo B.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por enseñarme a dar cada paso firme, por ser mi apoyo incondicional en todo momento.

En especial a Diana Moya que ha estado todo este tiempo a mi lado, y me ha enseñado a no darme por vencido pese a las dificultades que se nos presenten en nuestra vida.

A la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial por permitirme ser parte de ella.

A mis maestros quienes compartieron sus conocimientos para forjar día a día profesionales de éxitos.

Esteban A. Romo B.

ÍNDICE GENERAL

Aprobación del Tutor	ii
Autoría.....	iii
Aprobación de la Comisión Calificadora.....	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índide General.....	vii
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tablas	xv
Resumen Ejecutivo.....	xvi
Introducción	xviii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis Crítico	2
1.2.3 Prognosis	2
1.2.4 Formulación del Problema	3
1.2.5 Preguntas Directrices	3
1.2.6 Delimitación del Problema.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos de la Investigación	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos.....	6
2.2 Fundamentación Legal	6
2.3 Categorías Fundamentales.....	9

2.4 Fundamentación Teórica	9
2.4.1 Domótica	9
2.4.1.1 Gestión de la Domótica	10
2.4.1.2 Descripción del Sistema Domótico	12
2.4.1.3 Tipo de Arquitectura	12
2.4.1.4 La Domótica en el Ecuador	14
2.4.2 Comunicación Inalámbrica	14
2.4.2.1 Campos de Utilización	15
2.4.2.2 Tipos de Transmisiones Inalámbricas	15
Infrarrojos	15
Radiofrecuencias	16
2.4.3 Protocolos de Comunicación	17
2.4.3.1 Protocolo Universal Plug and Play	17
2.4.4 Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado	18
2.4.4.1 Sistemas de Iluminación	18
2.4.4.2 Sistemas de Alumbrado	18
2.4.4.2.1 Alumbrado General	19
2.4.4.2.2 Alumbrado General Localizado	19
2.4.4.2.3 Alumbrado Localizado	20
2.4.4.3 Tipos de Lámparas Recomendados	22
2.4.4.4 Tipos de Equipos Auxiliares	25
2.4.4.4.1 Balastos	25
2.4.4.4.2 Arrancadores	26
2.4.4.4.3 Condensadores	27
2.4.4.4.5 Tipos de luminarias recomendadas	28
2.4.4.4.6 Distribución Fotométrica de la Luminaria	29
2.4.4.4.6 Rendimiento de la Luminaria	30
2.4.4.4.7 Sistemas de Montaje	31
2.4.4.4.9 Tipos de sistemas de Regulación y Control	32
2.4.4.4.9.1 Control de la Iluminación Artificial mediante Interruptores Manuales y Temporizados.	33

2.4.4.4.9.2 Control de Iluminación Artificial mediante Controladores de Luz Natural.....	35
2.4.4.4.9.3 Control de Iluminación Artificial mediante Detectores de Presencia.....	36
2.4.4.4.9.4 Regulación y Control por un Sistema Centralizado de Gestión.....	37
2.4.5 Luz Natural.....	38
2.4.6 Ergonomía Visual.....	38
2.4.7 Requisitos para una buena Iluminación	39
2.4.8 Niveles de Iluminación Recomendados	40
2.4.9 Iluminación Adecuada para cada tipo de Trabajo en Oficinas	40
2.4.10 El Deslumbramiento	41
2.4.11 El Color	41
2.4.12 Energía	43
2.4.12.1 El Trabajo.....	43
2.4.12.2 La Potencia.....	44
2.4.12.3 Tipos de Energía	44
2.4.12.4 Transformaciones de la Energía.....	45
2.4.12.5 Principio de Conservación de la Energía	45
2.4.12.6 Degradación de la Energía	45
2.4.12.7 Fuentes de Energía	46
2.4.12.8 Fuentes de Energía Renovables	47
2.4.12.9 Fuentes de Energía No Renovables.....	47
2.4.13 Electricidad	47
2.4.13.1 Electrostática y Electrodinámica.....	48
2.4.13.2 Carga eléctrica.....	48
2.4.13.3 Campos Eléctrico y Magnético	48
2.4.13.4 Corriente Eléctrica	48
2.4.14 Generación de Energía Eléctrica.....	49
2.4.14.1 Centrales Termoeléctricas	49
2.4.14.2 Centrales Hidroeléctricas	49
2.4.14.3 Centrales Eólicas.....	50

2.4.14.4 Centrales Fotovoltaicas	50
2.4.15 Ahorro de Energía Eléctrica.....	50
2.4.15.1 Consumo de Energía Eléctrica	50
2.4.15.2 Ahorro de Energía Eléctrica.....	52
2.4.15.3 Técnicas de Ahorro de Energía Eléctrica.....	53
2.5 Hipótesis.....	54
2.6 Variables.....	54
2.6.1 Variable Independiente	54
2.6.2 Variable Dependiente.....	54

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad Básica de la Investigación.....	55
3.1.1. Investigación Bibliográfica – Documental.....	55
3.1.2. De Campo	55
3.1.3. De Investigación o Proyecto Factible	55
3.2 Nivel o Tipo de Investigación	55
3.2.1. Exploratorio.....	55
3.2.2. Descriptivo	55
3.3 Población y Muestra.....	56
3.4 Operacionalización de Variables.....	56
3.4.1 Variable Independiente	56
3.4.2 Variable Dependiente.....	57
3.5 Recopilación de la Información	57
3.6 Procesamiento de la Información.....	58

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Situación actual del Sistema de Iluminación del Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.....	59
4.1.1 Detalle de las Luminarias Actuales.....	60
4.1.2 Inventario de la Iluminación	61

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones	77
5.2 Recomendaciones	78

CAPÍTULO VI..... 79

PROPUESTA..... 79

6.1 Datos Informativos..... 79

6.2 Antecedentes de la Propuesta..... 79

6.3 Justificación..... 80

6.4 Objetivos 80

6.4.1 Objetivo General 80

6.4.2 Objetivos Específicos:..... 80

6.5 Análisis de la Factibilidad..... 81

6.5.1 Factibilidad Operativa..... 81

6.5.2 Factibilidad Técnica 81

6.5.3 Factibilidad Económica..... 81

6.6 Metodología 81

6.7 Fundamentación 82

6.7.1 Descripción del Diseño 82

6.7.2. Análisis de los Equipos de Iluminación 82

6.7.2.1 Elección del Fabricante 83

6.7.2.2 Descripción de los Dispositivos del Sistema 83

Luminaria SmartForm Modular 83

Balasto Inteligente Touch DALI for TL5 (ECO)/TL-D 84

Controlador ActiLume 85

Sensor ActiLume..... 86

Control Remoto IRT 8010 86

Control de pared Infrarrojo IRT 8050..... 87

6.7.3 Diseño del Proyecto 88

6.7.3.1 Estudio Técnico para la Distribución de las Luminarias 88

Método “Wattspor pie cuadrado (o metro cuadrado)” 88

Cálculo del Número de Lámparas Requeridas.....	89
Ubicación de las Luminarias.....	91
Control de Iluminación.....	96
Simulación del Sistema de Iluminación.....	97
Ubicación de las Luminarias en el Edificio (Simulación).....	97
6.7.3.2 El Cableado hacia y desde el Controlador.....	100
6.7.3.3 Presupuesto Referencial del Proyecto.....	101
6.7.3.4 Propuesta Económica.....	101
6.7.3.5 Análisis Económico.....	102
6.8 Conclusiones y Recomendaciones.....	103
6.8.1 Conclusiones.....	103
6.8.2 Recomendaciones.....	103
6.9 Bibliografía.....	104
6.9.1 Linkografía.....	104
6.10 Anexos.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Categorías Fundamentales	9
Figura 2.2: Ejemplo de Dispositivos de Sistemas de Domótica	12
Figura 2.3: Arquitectura Domótica Centralizada	13
Figura 2.4: Arquitectura Domótica Distribuida	13
Figura 2.5: Arquitectura Domótica Híbrida/mixta.....	14
Figura 2.6: Alumbrado General	19
Figura 2.7: Alumbrado general localizado.....	20
Figura 2.8: Alumbrado localizado.....	21
Figura 2.9: Fluorescente T8	22
Figura 2.10: Fluorescente T5	22
Figura 2.11: Fluorescente Compacto	23
Figura 2.12: Lámpara de Bajo Consumo	23
Figura 2.13: Fluorescente de Tubo Compacto	23
Figura 2.14: Halogenuros Metálicos	23
Figura 2.15: Vapor de Sodio de Alta	24
Figura 2.16: Diferentes Tipos de Balastos	26
Figura 2.17: Arrancador	27
Figura 2.18: Fuentes de Energía.....	46
Figura 2.19: Ley de Ohm	48
Figura 4.1: Edificio Administrativo	59
Figura 4.2: Luminarias Utilizadas en el Edificio	60
Figura 4.3: Luz Encendida	65
Figura 4.4: Uso de la Energía Eléctrica	66
Figura 4.5: Sistema de Iluminación adecuado	67
Figura 4.6: Confort Visual	68
Figura 4.7: Buena Iluminación.....	69
Figura 4.8: Cambio de Luminarias.....	70
Figura 4.9: Ahorro de energía	71
Figura 4.10: Iluminación Natural	72
Figura 4.11: Monitores Apagados.....	73
Figura 4.12: Trucos de Ahorro de Energía.....	74

Figura 4.13: Detectores de Movimiento.....	75
Figura 4.14: Luces encendidas en el Día	76
Figura 6.1: Metodología.....	82
Figura 6.2: Luminaria SmartForm TBS 460	84
Figura 6.3: Balasto Inteligente Touch DALI	85
Figura 6.4: LCC1653/01 Control ActiLume.....	85
Figura 6.5: Sensor ActiLume LRI 1653/00.....	86
Figura 6.6: Control Remoto IRT 8010.....	87
Figura 6.7: Control de Pared Infrarrojo IRT 8050	88
Figura 6.8: Calculo de Watts por Metro Cuadrado	88
Figura 6.9: Calculo del Número de Lámparas	89
Figura 6.10: Calculo del Flujo Luminoso	90
Figura 6.11: Plano tipo X Distribución de las Oficinas Planta Baja A.....	98
Figura 6.12: Plano tipo Y Distribución de los Equipos Planta Baja A	99
Figura 6.13: Plano tipo X Distribución de las Oficinas Planta Baja B	100
Figura 6.14: Plano tipo Y Distribución de los Equipos Planta Baja B	101
Figura 6.15: Plano tipo X Distribución de las Oficinas Planta Baja C	102
Figura 6.16: Plano tipo Y Distribución de los Equipos Planta Baja C	103
Figura 6.17: Plano tipo X Distribución de las Oficinas Segundo Piso	104
Figura 6.18: Plano tipo Y Distribución de los Equipos Segundo Piso	105
Figura 6.19: Plano tipo X Distribución de las Oficinas Tercer Piso.....	106
Figura 6.20: Plano tipo Y Distribución de los Equipos Tercer Piso.....	107
Figura 6.21: Diagrama en Bloques de la Conexión	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Tipos de Luminarias	24
Tabla 2.2: Tipos de Balastos y Pérdidas	26
Tabla 2.3: Tipos de Balastos según el Tipo de lámpara.....	26
Tabla 2.4: Tipo de Distribución vs Aplicación	29
Tabla 2.5: Distribución de una Luminaria	30
Tabla 2.6: Variación de la necesidad de Luz según la Edad.....	39
Tabla 2.7: Rangos de Iluminancia según ISO 8995.....	40
Tabla 2.8: Efectos Psicológicos de los Colores	42
Tabla 3.1: Variable Independiente	56
Tabla 3.2: Variable Dependiente.....	57
Tabla 4.1: Características de las Luminarias Actuales.....	60
Tabla 4.2: Control de Iluminación Actual de la Planta Baja	61
Tabla 4.3: Control de Auminación Actual del Segundo Piso	62
Tabla 4.4: Control de Iluminación Actual del Tercer Piso	63
Tabla 4.5: Luminarias Actuales	63
Tabla 4.6: Potencia e Iluminación de cada Oficina.....	64
Tabla 4.7: Luz Encendida	65
Tabla 4.8: Uso de la Energía Eléctrica.....	66
Tabla 4.9: Sistema de Iluminación Adecuado	67
Tabla 4.10: Confort Visual.....	68
Tabla 4.11: Buena Iluminación	69
Tabla 4.12: Cambio de Luminarias	70
Tabla 4.13: Ahorro de Energía.....	71
Tabla 4.14: Iluminación Natural	72
Tabla 4.15: Monitores Apagados	73
Tabla 4.16: Trucos de Ahorro de Energía.....	74
Tabla 4.17: Detectores de Movimiento.....	75
Tabla 4.18: Luces Encendidas en el Día	76
Tabla 6.1: Niveles de Iluminación en las Oficinas	90
Tabla 6.2: Equipos	101
Tabla 6.3: Presupuesto	101

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es de realizar un Sistema de Iluminación Automatizado para el ahorro de energía eléctrica en el edificio de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, para brindar un mejor confort visual en las diferentes oficinas y con esto obtener un mejor ambiente de trabajo.

A continuación se detalla de forma general el resumen por capítulos del desarrollo y elaboración del proyecto.

Capítulo I: Se realiza la investigación partiendo del problema, el mismo que se analiza y se contextualiza mediante un análisis crítico del mismo. Además toda investigación percibe un objetivo que para el presente estudio se encuentra dividido en objetivo general y objetivos específicos, mismos que servirán de guía para el desarrollo del proyecto.

Capítulo II: Contiene la investigación fundamentada en bases teóricas, además consta la normativa legal, también se realiza la categorización y la determinación de variables, aspecto importante para la formulación de la hipótesis a probar en el presente trabajo investigativo.

Capítulo III: Este capítulo hace referencia a la metodología que se aplicó en el trabajo de investigación, además señala los métodos de recolección y procesamiento de la información para realizar un análisis del problema.

Capítulo IV: Se realiza una investigación de campo, encuestas y se analizó los resultados para así asegurar y confirmar la necesidad de dar una solución al problema planteado.

Capítulo V: En este capítulo se elaboran las conclusiones, acorde al procesamiento de la información e interpretación de resultados previa a la investigación del tema y las recomendaciones impuestas para la solución de los problemas e inconvenientes del edificio administrativo a través del diseño de un sistema de iluminación inalámbrico.

Capítulo VI: En este capítulo se da solución al problema, por lo cual se presentan los cálculos, el rediseño del sistema de iluminación y los elementos a utilizar en el sistema de iluminación para el edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

INTRODUCCIÓN

La ergonomía visual se encarga de identificar y analizar los aspectos medioambientales y laborales que pueden causar problemas en la salud ocular y en la funcionalidad visual, o bien que pueden optimizar el rendimiento visual en el entorno laboral.

En la actualidad iluminar correctamente la oficina y sus diferentes puestos de trabajo es una necesidad real, puesto que de un adecuado confort visual dependen en cierta medida el bienestar físico y psicológico del usuario y la productividad de la empresa.

En este sentido conviene resaltar que, en la opinión de los trabajadores, entre los principales defectos del puesto de trabajo están la insuficiente iluminación y los molestos reflejos de las pantallas del ordenador.

El Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, requiere de un correcto sistema de iluminación y dependiendo de las necesidades se efectuará el diseño del sistema, aplicando las nuevas tendencias en iluminación.

Hoy en día es muy importante el ahorro de energía eléctrica, porque repercute directamente en el medio ambiente, es por eso que se ha tomado al edificio de la facultad como un ejemplo para poder desarrollar este proyecto y dar a conocer a las personas que laboran en el edificio cuan importante es el ahorro de energía eléctrica.

En el siguiente perfil orientado para la modalidad de tesis de grado de Ingeniería en Electrónica en Comunicaciones se presenta el desarrollo del diseño de un sistema de iluminación para ahorro de energía, el cual permitirá brindar un mejor confort visual en el lugar de trabajo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema

Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado para el ahorro de Energía Eléctrica en el Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Contextualización

En los últimos años el consumo de energía eléctrica se ha elevado a un ritmo superior al crecimiento económico en el mundo , ya que suple las necesidades del aparato productivo, porque está relacionado con mayores niveles de vida, sobre todo si se tiene en cuenta, en energía se gasta una importante cantidad de dinero.

Debido a este ritmo de crecimiento se deben tomar acciones que impidan que aumente el índice físico del consumo energético, es fácil percibir que algo se está derrochando cuando se observa una llave que derrama agua, combustible, petróleo, etc., pero cuesta percibir que está sucediendo igual cuando se deja encendida una lámpara, se tiene la radio, el televisor y el calentador de agua funcionando mientras se está planchando o leyendo el periódico.

En el Ecuador, existen muchas empresas, edificios y hogares en los cuales se gasta una gran cantidad de energía eléctrica, dentro de las acciones y programas más importantes del gobierno para combatir el desperdicio de energía eléctrica es la sustitución de seis millones de focos incandescentes por luminarias fluorescentes compactas de luz cálida o fría, a nivel nacional, según registro oficial N° 224 publicado el jueves 3 de Enero del 2008.

En la actualidad, la ciudad de Ambato, por ubicarse entre las ciudades más comerciales y turísticas a nivel nacional, el índice de demanda de energía eléctrica se ha incrementado en 2% según en consejo nacional de electricidad, por lo cual el Gobierno zonal y nacional ha tratado de implementar planes de ahorro de energía eléctrica aplicados a los sectores tanto industrial como comercial.

En la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial existe un excesivo consumo de energía eléctrica por el escaso control de los interruptores de las luminarias debido a que se encuentran en lugares poco asequibles y esto representa un gasto económico innecesario, lo que da lugar a que se diseñe un moderno sistema de iluminación automatizado que optimice el consumo de energía eléctrica.

1.2.2 Análisis Crítico

El presente trabajo de investigación, analiza la falta de un sistema de iluminación para el ahorro de energía eléctrica, es por eso que en el Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, existe un excesivo consumo de energía eléctrica.

Los métodos para el ahorro de energía eléctrica en el Edificio Administrativo no son los adecuados ya que sigue provocando un desperdicio de recursos económicos y energéticos en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

Por otra parte la falta de conocimiento en temas de ahorro de energía eléctrica, tiene por efecto un limitado control en las luminarias por parte del personal administrativo, esto se da por descuido o porque los controles de las luminarias se encuentra en lugares de difícil acceso.

1.2.3 Prognosis

De continuar el Edificio Administrativo de la facultad sin un sistema inalámbrico de iluminación automatizado, ocasionará un consumo alto de energía eléctrica y además el confort visual del personal administrativo se vería afectado, porque

obtendrían molestias visuales a causa de una excesiva o falta de iluminación en su lugar de trabajo.

Si no se toman acciones en lo referente al ahorro en el consumo de energía eléctrica en el Edificio Administrativo, ocasionará un gasto excesivo de este servicio, representado económicamente en la Universidad, esto significa que el presupuesto asignado disminuya, según la página www.altonivel.com.mx en su artículo gana mas ahorrando energía cita que el gasto que representa en consumo de energía eléctrica en una empresa es entre 5 y 20% de su costo, es por ello que representa perdidas económicas el no ahorro de energía eléctrica.

De no dar solución a la falta de conocimiento en temas de ahorro de energía eléctrica al personal que labora en el edificio se seguirá teniendo una baja cultura en el tema de ahorro de energía eléctrica, en el personal que labora en el edificio.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cómo se beneficiará el Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial con un Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado para el ahorro de Energía Eléctrica?

1.2.5 Preguntas Directrices

- ¿Qué tipo de control se ocupa en el sistema de iluminación actual del Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial?
- ¿Existe algún Sistema de Iluminación Automatizado en el Edificio administrativo?
- ¿Cómo se beneficiará el personal administrativo con un Sistema de Iluminación Automatizado?
- ¿Qué tecnología inalámbrica será la adecuada para el sistema de iluminación?

1.2.6 Delimitación del problema

Campo: Ingeniería en Electrónica.

Área: Comunicaciones.

Aspecto: Sistemas Inalámbricos de Iluminación.

En el estudio del presente trabajo investigativo se realizó el Diseño de un Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado para el ahorro de Energía Eléctrica en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en la Provincia de Tungurahua, esta investigación tubo la duración de un tiempo de doce meses a partir de la aprobación del tema de investigación.

1.3 Justificación

El estudio de este proyecto para contribuir al ahorro de energía eléctrica lleva el interés de disponer de un sistema de iluminación que aporte en la optimización de recursos tanto económicos como energéticos y además de fomentar una cultura de buenos hábitos a las personas.

Este proyecto aportará en las políticas actuales del gobierno, como es el ahorro de energía eléctrica en los edificios públicos y los diferentes planes de eficiencia energética aplicados en el país.

Los beneficiarios de la investigación vienen a ser directamente para el personal administrativo con el cual se dispondrá de un cómodo y confortable lugar de trabajo, sin una excesiva iluminación, la cual podría repercutir en la salud del personal administrativo de la Facultad.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado para el ahorro de Energía Eléctrica en el Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio sobre la situación actual del sistema de iluminación del Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.
- Analizar la cantidad de iluminación que requieren los puestos de trabajo para que provea una ergonomía visual.
- Plantear una propuesta que permita ahorrar energía eléctrica en el Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial a través del diseño de un Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Después de haber buscado en las bibliotecas de las universidades que ofertan la carrera de Ingeniería Electrónica, una vez realizadas las investigaciones pertinentes acerca del tema de investigación, no se ha encontrado trabajos relacionados con el Diseño de un Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado, por lo tanto se usará información extraída del Internet y la proporcionada por la facultad

2.2 Fundamentación legal

La investigación se sustentará en una estructura legal contemplada en la Constitución de la República del Ecuador, Ley de Régimen del Sector Eléctrico y el Reglamento de Graduación de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato

A continuación se enlistan los artículos de la Constitución de la República del Ecuador, en los cuales se fundamentó este proyecto:

Art. 15. Determina que el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Art. 413. Manifiesta que el Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Según el acuerdo ministerial N° 131, publicado en Registro Oficial N° 284 de septiembre 22 del 2010 Ministra del Medio Ambiente se acuerda a expedir las políticas generales para promover las buenas prácticas ambientales en entidades del sector público.

Art. 4. Las instituciones sujetas al presente acuerdo ministerial, tendrá que notificar hasta el 31 de enero de cada año al Ministerio del Ambiente, sus indicadores de gestión de buenas prácticas ambientales que serán: consumo de agua, consumo de energía, kilogramos de papel consumidos, kilogramos de papel reciclado y manejo de residuos y desechos calculados por persona.

Art. 6. Las instituciones sujetas a este acuerdo ministerial deberán obligatoriamente realizar una capacitación permanente a sus funcionarios y funcionarias, de tal manera que tengan el conocimiento adecuado para implementar las actividades de buenas prácticas ambientales de su institución.

Título I

Línea base para la gestión de buenas prácticas ambientales

Capítulo I

Buenas prácticas ambientales en entidades del sector público

Art. 8. La línea base para la gestión de buenas prácticas ambientales deberá contener lo siguiente:

- a) Estado de equipos e instalaciones;
- b) Detalle del gasto de energía. Curvas trimestrales de consumo energético;
- c) Gastos y consumo de papel;
- d) Estado de la gestión de residuos y desechos;
- e) Gasto y consumo de agua. Estado de las instalaciones de agua. Estado de jardines y prácticas de riego, de ser el caso;

- f) Situación en cuanto a la generación de desechos y su disposición final;
- g) Estado de la gestión del transporte de la institución, tanto propio como contratado;
- h) Situación acerca de la gestión de compras responsables en la institución
- i) Identificación de los problemas que limitan las buenas prácticas ambientales en la institución.

Capítulo V

Energía y Transporte

Art. 29. Cada edificio e instalación de las instituciones sujetas a este acuerdo ministerial deberán revisar las instalaciones eléctricas y las alternativas para la solución de problemas encontrados en ellas.

Art. 30. Cada institución sujeta a este acuerdo ministerial deberá incorporar lámparas fluorescentes o focos ahorradores en sus edificios e instalaciones, de acuerdo al Decreto Ejecutivo 238 de fecha 28 de enero del 2010, publicado en el Registro Oficial No. 128 de 11 de febrero del 2010.

Art. 31. Además incorporará en su reglamento interno de funcionamiento normas que obliguen:

- a) Apagar maquinarias, computadoras y equipos cuando no se estén usando
- b) Uso de protectores de pantalla que ahorren energía en las computadoras
- c) Detectores de movimiento-encendido en los pasillos y baños
- d) Control del encendido y apagado de las cafeteras
- e) Prever el mantenimiento anual de equipos y chequear vida útil de los mismos para programar su remplazo

2.3 Categorías Fundamentales

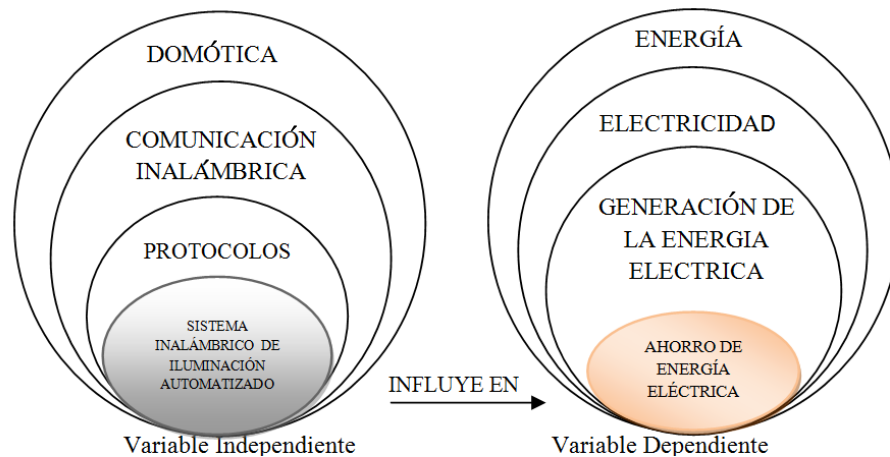


Figura 2.1: Categorías Fundamentales
Elaborado por: El investigador

2.4 Fundamentación teórica

2.4.1 Domótica ^[1]

El avance de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y su aplicación en prácticamente todos los ámbitos de la vida han hecho que en los últimos tiempos se haya hablado de edificios inteligentes, áreas inteligentes, mismos que se han ido implementando.

El desarrollo de las edificaciones inteligentes, está impulsado por tres factores principales: evolución tecnológica, cambios sociales y oportunidades de negocio. Es bien palpable que la evolución tecnológica y los cambios sociales están relacionados entre sí, es decir que son a la vez efecto de la evolución de la sociedad.

Domótica se define como un conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda aportando servicios de gestión energética que pueden estar interconectados por medio de redes interiores o exteriores de comunicación, estas pueden ser alámbricas o inalámbricas, cuyo control puede estar dentro o fuera de la vivienda.

Según la enciclopedia Larousse, define el término domótica como: *"El concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones, etc."*. Es decir, el objetivo es asegurar al usuario

de la vivienda un aumento del confort, de la seguridad, del ahorro energético y de las facilidades de comunicación.

La definición de vivienda domótica o inteligente presenta múltiples versiones y matices. También aquí son diversos los términos utilizados en distintas lenguas casa inteligente (smarthouse), automatización de viviendas (home automation), domótica (domotique), sistemas domésticos (home systems), etc.^[2]

También, un término muy familiar para todos es el de edificio inteligente que aunque viene a referirse a la misma cosa, normalmente se tiende a aplicar más al ámbito de los grandes bloques de oficinas, bancos, universidades y edificios industriales.

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

- Seguridad
- Gestión de la energía
- Formación, cultura y entretenimiento
- Ocio y entretenimiento
- Operación y mantenimiento de las instalaciones, etc.

En este sentido, una vivienda domótica se puede definir como, una vivienda en la que existen equipos automatizados, que tienen la capacidad de comunicarse interactivamente entre sí con un bus doméstico multimedia que las integra y con el usuario de la vivienda, mediante interfaces intuitivas.

2.4.1.1 Gestión de la Domótica ^[2]

La domótica se encarga de gestionar principalmente los siguientes cuatro aspectos del hogar.

- **Energía eléctrica:** En este campo, la domótica 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.
- **Confort:** La domótica proporciona una serie de comodidades, como pueden ser el control automático de los servicios de Calefacción, Agua caliente, Refrigeración, Iluminación y la gestión de elementos como accesos, persianas, toldos, ventanas, riego automático, etc.
- **Seguridad:** La seguridad que brinda 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 y el de alarmas ante intromisiones.
 - **Seguridad de las personas:** Especialmente, para las personas mayores y los enfermos. Mediante el nodo telefónico, se puede tener acceso (mediante un pulsador de radiofrecuencia que se lleve consigo) a los servicios de ambulancias, policía o a su vez a una alarma.
 - **Incidentes y averías:** Mediante sensores, se pueden detectar los incendios y las fugas de gas y agua, mediante el nodo telefónico, desviar la alarma hacia los bomberos. También se pueden detectar averías en los accesos, en los ascensores.
- **Comunicaciones:** Las comunicaciones son imprescindibles para acceder a multitud de servicios ofrecidos por los operadores de telecomunicaciones. La domótica tiene una característica fundamental, que es la integración de sistemas, por eso hay nodos (pasarela residencial) que interconectan la red domótica con diferentes dispositivos, como Internet, la red telefónica, etc.

2.4.1.2 Descripción del sistema domótico [2]

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

El sistema domótico se podría definir como la integración de la tecnología en el diseño inteligente de un recinto el cual consta de tres tipos de elementos: sensores, actuadores y controladores, estos se los puede visualizar en la figura 2.2.

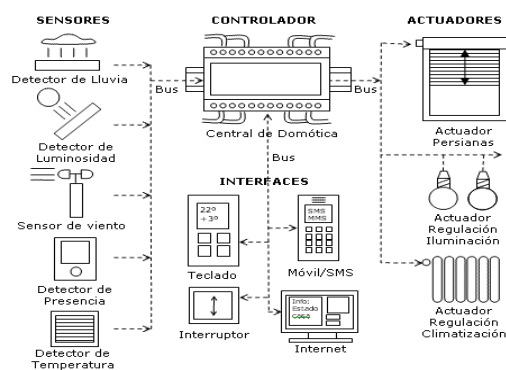


Figura 2.2: Ejemplo de dispositivos de sistemas de domótica

Fuente: <http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14>

Para poder clasificar técnicamente un sistema de automatización de viviendas, es necesario tener en cuenta conceptos técnicos, como son: tipo de arquitectura, medio de transmisión, velocidad de transmisión y protocolo de comunicaciones.

2.4.1.3 Tipo de Arquitectura [3]

La arquitectura de un sistema domótico, como la de cualquier sistema de control, especifica el modo en que los diferentes elementos de control del sistema se van a interconectar. Existen tres arquitecturas básicas:

- **Sistema de Arquitectura Centralizada:** El sistema de arquitectura centralizada es un controlador central que recibe información de varios elementos (sensores, luces, válvulas, etc.), mismos que envían señales a una unidad central inteligente que procesa, elaborará la información recibida y, una vez procesada, genera las órdenes oportunas para los actuadores y las interfaces como se puede observar en la figura 2.3.

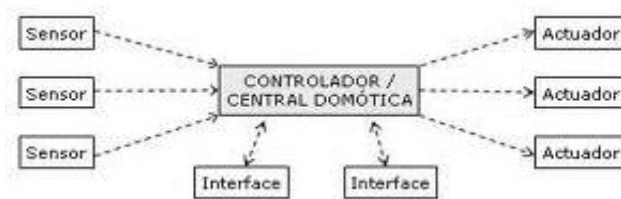


Figura 2.3: Arquitectura domótica centralizada
Fuente: <http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14>

- **Sistema de Arquitectura Distribuida:** En un sistema de domótica de arquitectura distribuida, cada sensor y actuador es también un controlador capaz de actuar y enviar información al sistema según la programación, la configuración, la información que capta por si mismo y la que recibe de los otros dispositivos del sistema como se visualiza en la figura 2.4.



Figura 2.4: Arquitectura domótica distribuida
Fuente: <http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14>

En los sistemas de arquitectura distribuida que utilizan como medio de transmisión el cable, existe un concepto a tener en cuenta que es la topología de la red de comunicaciones. La topología de la red se define como la distribución física de los elementos de control respecto al medio de comunicación (cable).

- **Sistema de Arquitectura Híbrida:** En el sistema de arquitectura híbrida (también denominado arquitectura mixta), como se observa en la figura 2.5, se combinan las arquitecturas de los sistemas centralizados y distribuidos, ya que puede disponer de un controlador central o varios controladores descentralizados, los dispositivos de interfaces, sensores y actuadores pueden también ser controladores (como en un sistema “distribuido”) y procesar la información según el programa, la configuración, la información que capta por si mismo, y tanto actuar como enviarla a otros dispositivos de la red, sin que necesariamente pasa por otro controlador

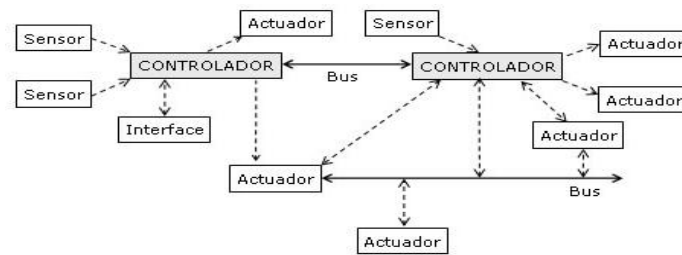


Figura 2.5: Arquitectura domótica híbrida/mixta
Fuente: <http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14>

2.4.1.4 La Domótica en el Ecuador

En el Ecuador el tema de las casas inteligentes sigue siendo para la mayoría de la gente un tema de exclusividad y sobre todo de altos costos. Es desconocido para muchos, contrario a lo que se menciona anteriormente, que hoy en día es posible tener un hogar muy a la vanguardia, con tecnología y estética con bajo presupuesto.

La implementación de un sistema domótico tanto general como parcial no está destinado para un sector limitado de nuestra sociedad, sino que puede ser demandado por habitantes que tengan un estatus social medio, medio alto y alto. Pero en este campo también es importante indicar la adaptación que tiene la sociedad frente al desarrollo tecnológico por lo cual no se vería muy alejado el manejar casas automatizadas a un corto plazo.

En la actualidad el mercado de la Domótica en el Ecuador se encuentra en las primeras etapas de desarrollo, las empresas que en la actualidad se dedican a esta actividad son muy pocas, las mismas que carecen de capital y de difusión en lo que se refiere a venta e instalación de los equipos. Las empresas que empiezan a incursionar en el mercado domótico ecuatoriano deberían crear convenios que permitan su afiliación y certificación de patentes que minimicen los costos de importación y les provean de una gran variedad de equipos

2.4.2 Comunicación inalámbrica ^[5]

El simple hecho de ser seres humanos nos hace desenvolvernos en medios donde tenemos que estar comunicados. Por eso la gran importancia de la transmisión y la recepción de información, y en la época actual donde los computadores hacen

parte de la cotidianidad, es necesario establecer medios de comunicación eficaces entre ellos.

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica. La conexión de computadoras mediante Ondas de Radio o Luz Infrarroja, actualmente está siendo ampliamente investigada. Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos. Pero la realidad es que esta tecnología está todavía en pañales y se deben resolver varios obstáculos técnicos y de regulación antes de que las redes inalámbricas sean utilizadas de una manera general en los sistemas de cómputo de la actualidad.

La comunicación inalámbrica o sin cables es aquella en la que extremos de la comunicación (emisor/receptor) no se encuentran unidos por un medio de propagación físico. En este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, entre los cuales encontramos: antenas, computadoras portátiles, teléfonos móviles, etc.

2.4.2.1 Campos de utilización ^[6]

La tendencia a la movilidad de las personas hacen que cada vez sean más utilizados los sistemas inalámbricos, y el objetivo es ir evitando los cables en todo tipo de comunicación, no solo en el campo informático sino en televisión, telefonía, seguridad, domótica, etc.

2.4.2.2 Tipos de transmisiones Inalámbricas ^[2]

Infrarrojos

El uso de mandos a distancia basados en transmisión por infrarrojos está ampliamente extendida en el mercado residencial para telecomandar equipos de audio, video e iluminación.

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 y 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 (coaxial, cables pares, red de distribución de energía eléctrica, etc.). Sin embargo, habrá que tomar precauciones en los siguientes casos:

Las interferencias electromagnéticas sólo afectarán a los extremos del medio IR, es decir, a partir de los dispositivos optoelectrónicos (diodo emisor y fotodiodo receptor).

Es necesario tener en cuenta otras posibles fuentes de IR. Hoy en día, existen diferentes dispositivos de iluminación que pueden ser controlados vía IR.

Radiofrecuencias

La introducción de las radiofrecuencias como soporte de transmisión en la vivienda, ha venido precedida por la proliferación de los teléfonos inalámbricos y sencillos teletandos.

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.

A continuación se detallan las ventajas e inconvenientes de los sistemas basados en transmisión por radiofrecuencias:

- 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.

2.4.3 Protocolos de comunicación ^[6]

Protocolo de comunicaciones es el conjunto de reglas normalizadas para la representación, señalización, autenticación y detección de errores necesario para enviar información a través de un canal de comunicación.

Un ejemplo de un protocolo de comunicaciones simple adaptado a la comunicación por voz es el caso de un locutor de radio hablando a sus radioyentes, el cual da normas o reglas para las personas que llaman a la radio, para que estas se expresen de una manera adecuada hacia otras personas.

Los protocolos de comunicación para la comunicación digital por redes de computadoras tienen características destinadas a asegurar un intercambio de datos fiable a través de un canal de comunicación imperfecto. Los protocolos de comunicación siguen ciertas reglas para que el sistema funcione apropiadamente

2.4.3.1 Protocolo Universal Plug and Play ^[7]

El protocolo universal Plug and Play es un conjunto de protocolos de comunicación que permite a periféricos en red, como ordenadores personales, impresoras, pasarelas de Internet, puntos de acceso Wi-Fi y dispositivos móviles, detectar de manera transparente la presencia de otros dispositivos en la red y establecer servicios de red de comunicación, compartición de datos y entretenimiento. UPnP está diseñado principalmente para redes de hogar sin dispositivos del ámbito empresarial.

El *Foro UPnP* es el encargado de promocionar el uso de la tecnología UPnP. Es una iniciativa de la industria informática para permitir una conectividad simple y robusta entre los dispositivos autónomos y ordenadores personales de diferentes fabricantes. El Foro UPnP está compuesto por más de ochocientos fabricantes de

diferentes ámbitos que van desde la Electrónica de consumo hasta las redes de ordenadores.

El concepto de UPnP es una extensión de plug-and-play, una tecnología para conectar dispositivos de manera directa y sin necesidad de configuración a un ordenador, aunque UPnP no está relacionada directamente con la tecnología plug-and-play. Los dispositivos UPnP son "plug-and-play" en el sentido de que una vez conectados a una red son capaces de establecer de manera automática comunicaciones con otros dispositivos.

2.4.4 Sistema inalámbrico de iluminación automatizado

2.4.4.1 Sistemas de iluminación ^[8]

Un sistema de iluminación es el conjunto de luminarias destinadas a proporcionar un nivel de iluminación para la realización de actividades específicas

El diseñar una instalación de alumbrado significa desarrollar una solución teniendo en cuenta todos los valores a nivel de iluminación, uniformidad, limitación del deslumbramiento, etc., de tal manera que la instalación resultante sea eficaz, tanto desde el punto de vista energético como de costo.

Para la fase de diseño de un sistema de iluminación se debe considerar las siguientes características:

- Una combinación de lámpara-balasto de alta eficacia.
- Una luminaria eficiente y un sistema de alumbrado adecuado para la situación real considerada.
- Un sistema de control adecuado, es decir, que facilite una buena eficiencia al uso de la instalación

2.4.4.2 Sistemas de alumbrado ^[9]

En cuanto a la disposición y ubicación de las luminarias, existen tres opciones básicas para el alumbrado de oficinas:

2.4.4.2.1 Alumbrado general

El alumbrado general proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación muy extendido y se usa habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local.

Con tal sistema, cualquier lugar de la oficina puede utilizarse como puesto de trabajo, y por ello, la disposición del alumbrado no necesita ser modificada si se produjesen cambios en la disposición de los puestos de trabajo, como se observa en la figura 2.6.

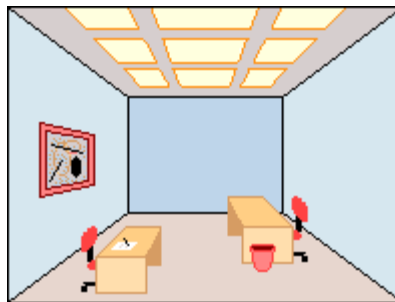


Figura 2.6: Alumbrado general

Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/conceptos-alumbrado-interior.html>

Una disposición de alumbrado agradable que también facilita el cableado, es aquella en que las luminarias fluorescentes se montan en líneas casi continuas y paralelas a la dirección principal de visión. Puesto que no se aconseja que las mesas se coloquen de cara o de espaldas a las ventanas (para evitar tanto el deslumbramiento por parte de las ventanas, o la imposibilidad de mantener contacto con el mundo exterior), la disposición de alumbrado recomendada es la de luminarias en líneas paralelas al plano de las ventanas, así mismo se aconseja disponer la primera fila próxima a la ventana (separación menor de 1.5m)

2.4.4.2.2 Alumbrado general localizado

Con el alumbrado general localizado se puede obtener ciertos ahorros, en el que las luminarias se concentran en y alrededor de los puestos de trabajo, o en donde determinadas luminarias se desconectan. Cuando se diseña una instalación de este

tipo se ha de tener especial precaución en que las iluminancias requeridas en los diversos puestos de trabajo sean las adecuadas, con iluminancias evidentemente más bajas en los pasillos entre puestos de trabajo, como se observa en la figura 2.7.

En estos el nivel de alumbrado puede reducirse en un 50% del nivel sobre la tarea. Obviamente ha de tenerse cuidado de que las relaciones de luminancia de toda la oficina, observada desde cualquier puesto de trabajo todavía satisfacen los requisitos normales.

Una desventaja del alumbrado general localizado, es que en el caso de una modificación en la disposición de la oficina, conllevará una modificación en la disposición del alumbrado. Lo que no es un problema muy grave siempre y cuando se haya diseñado una instalación flexible, por ejemplo: conmutación mediante infrarrojo en lugar de pulsadores con cableado vertical, y luminarias que se adapten a la modularidad del techo, de tal manera que sea cambio de luminaria por placa y en su caso recableado de los diversos grupos.

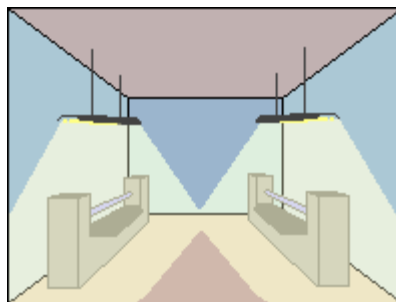


Figura 2.7: Alumbrado general localizado

Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/conceptos-alumbrado-interior.html>

Otra de las desventajas es que el diseñador de alumbrado deberá conocer la disposición de los puestos de trabajo, en el momento del diseño y esto raramente sucede.

2.4.4.2.3 Alumbrado localizado

Con el deseo de ahorrar energía se ha pensado mucho sobre el hecho de iluminar la tarea visual mediante pequeñas fuentes de luz situadas en su proximidad. Es evidente que iluminar sólo la tarea visual no es suficiente. Esto se ha hecho

evidente experimentalmente al comprobarse que al menos el 50% del alumbrado del puesto de trabajo (con un nivel mínimo de 350lux y preferible de 500lux) tiene que ser proporcionado por el alumbrado general a fin de mantener un correcto equilibrio entre la luminancia de la zona de trabajo y la correspondiente al entorno global. El alumbrado general de bajo nivel se obtiene mediante una disposición regular de luminarias.

El alumbrado local del puesto de trabajo necesario para complementar el general de bajo nivel, deberá permitir que la tarea se realice confortablemente para cualquier posible posición del trabajador, lo que significa que para evitar deslumbramiento, la luz debe apantallarse de tal forma que no alcance directamente sus ojos cuando esté sentado en posición normal de trabajo.

Cuando se emplean luces de sobremesa, éstas deberán lanzar su luz perpendicularmente a la dirección principal de visión a fin de evitar la posibilidad de producir reflexiones de velo en la tarea. Para trabajadores diestros la luz debe provenir de la izquierda, y de la derecha para los zurdos, a fin de evitar que, cuando se realicen tareas de escritura, sean sus propias manos las que proporcionen sobras molestas, como se observa en la figura 2.8.



Figura 2.8: Alumbrado localizado

Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/conceptos-alumbrado-interior.html>

Las luminarias que proporcionan el alumbrado local están o bien suspendidas del techo o sobre la mesa. Las suspendidas tienen la ventaja de que no constituyen una obstrucción visual para las direcciones normales de visión, pudiéndose montar suficientemente altas sobre el plano de trabajo (entre 0.7 a 1m), como para

proporcionen en el área de la mesa un alumbrado uniforme y libre de deslumbramiento.

Si se utilizan lámparas eficaces (T8, T5 o TC) para el alumbrado local, pueden conseguirse ahorros de coste y de energía de alrededor de un 30% respecto al sistema de alumbrado general.

2.4.4.3 Tipos de lámparas recomendados

Los tipos de lámparas recomendados para los sistemas de iluminación en las oficinas son:

- Fluorescentes tubulares lineales (T8) de 26 mm. de diámetro. (ver figura 2.9)
- Fluorescentes tubulares lineales (T5) de 16 mm. de diámetro. (ver figura 2.10)
- Fluorescentes compactas con equipo incorporado (denominadas lámparas de bajo consumo). (ver figura 2.11)
- Fluorescentes compactos (TC). (ver figura 2.12)
- Fluorescentes compactos de tubo largo (TC-L). (ver figura 2.13)
- Lámparas de descarga de halogenuros metálicos (HM ó CDM). (ver figura 2.14)
- Sodio de alta presión (SAP), (sólo para los exteriores). (ver figura 2.15)



Figura 2.9: Fluorescente T8

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”



Figura 2.10: Fluorescente T5

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”



Figura 2.11: Fluorescente Compacto

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”



Figura 2.12: Lámpara de bajo consumo

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”

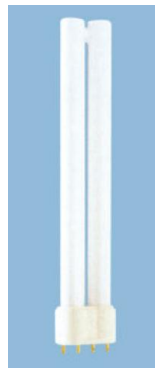


Figura 2.13: Fluorescente de tubo compacto

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”

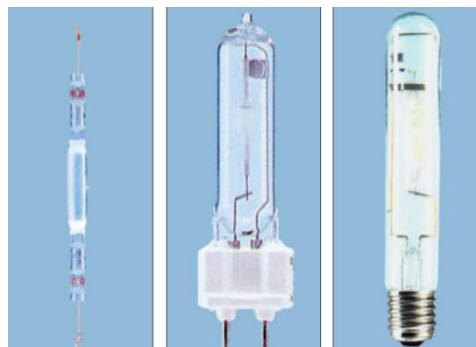


Figura 2.14: Halogenuros metálicos

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”



Figura 2.15: Vapor de sodio de alta

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”

Seleccionar la más apropiada depende de muchos factores como son la eficacia de la lámpara, las cualidades cromáticas, el flujo luminoso, la vida media, el equipo necesario, y aspectos medio ambientales, entre otros. En la tabla siguiente se pueden ver las características de las lámparas más idóneas para iluminación general, localizada y decorativa. Los pasos a seguir para seleccionar la lámpara más adecuada para cada dependencia serán:

- Seleccionar aquella lámpara que cumplan los parámetros, tono de luz o temperatura de color (K) e índice de reproducción cromática (Ra), recomendados para el local.
- De aquellos tipos de lámparas que cumplan la condición anterior, seleccionar la de mayor eficacia, es decir, la que tenga un valor mayor del parámetro lúmenes por vatio.
- Seleccionar la lámpara con mayor vida media, medida en horas

En la tabla 2.1 se observa algunas características de los diferentes tipos de lámparas utilizadas en los sistemas de iluminación.

Tabla 2.1: Tipos de luminarias

Tipo de Lámpara	Rango de potencias	Tono de luz	Ra	lm/w	Vida media, h	Aplicación
Incandescentes halógenas	5-300	Cálido	100	10-25	1000-5000	Localizada Decorativa
Fluorescencia lineal de 26 mm	18-58	Cálido Neutro Frío	60-98	65-96	8000-16000	General
Fluorescencia lineal de 16 mm	5-55	Cálido Neutro Frío	85	80-105	12000-16000	General

Fluorescencia compacta	5-55	Cálido Neutro Frío	85-98	60-85	8000-12000	General, Localizada Decorativa
Sodio Blanco	50-100	Cálido	85	50	12000	Decorativa
Vapor de Mercurio	50-1000	Cálido Neutro	50-60	30-60	12000-16000	General
Halogenuros metálicos	35-35000	Cálido Neutro Frío	65-85-96	70-93	6000-10000	General Localizada
Inducción	55/85/160	Cálido Neutro	82	64-71	60000	General

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”

2.4.4.4 Tipos de equipos auxiliares

Los tipos de equipos auxiliares son los equipos eléctricos asociados a la lámpara y por tanto, diferentes para cada tipo de lámpara, no obstante, con carácter general los equipos auxiliares más comunes son los balastos, arrancadores y condensadores.

Las características de los equipos auxiliares son función de las características de la red y del tipo y potencia de la lámpara.

2.4.4.4.1 Balastos

El balasto es el componente que limita el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos; cuando el balasto es electromagnético comúnmente se le conoce como reactancia, ya que es frecuente el uso de inductancias como dispositivo de estabilización.

El balasto asociado a la lámpara o lámparas, deben proporcionar a éstas los parámetros de trabajo dentro de los límites de funcionamiento establecidos en las normas y con las menores pérdidas de energía posibles.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética, existen tres tipos de balastos (ver figura 2.16), con las siguientes pérdidas sobre la potencia de la lámpara, según tipo de lámpara, número de lámparas asociadas al equipo y potencia de las mismas, como se observa en la tabla 2.2.

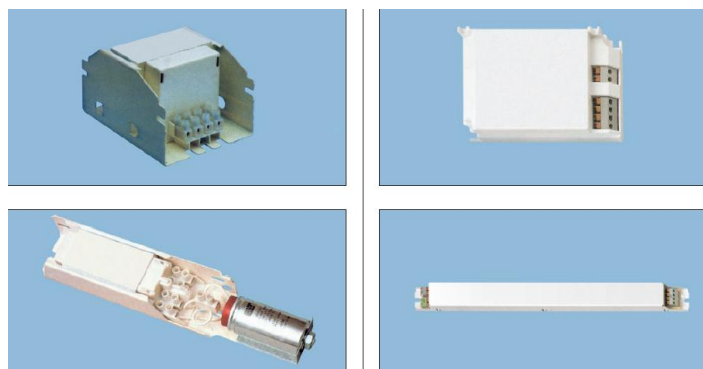


Figura 2.16: Diferentes tipos de balastos

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”

Tabla 2.2: Tipos de balastos y pérdidas

RANGO DE PERDIDAS	TIPO DE BALASTO		
	Magnético estándar	Magnético bajas pérdidas	Electrónico
Tipo de Lámpara			
Fluorescencia	20-25%	14-16%	8-11%
Descarga	14-20%	8-12%	6-8%
Halógenas baja tensión	15-20%	10-12%	5-7%

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”

Como se visualiza en la tabla 2.3, se enlistan algunos tipos de lámparas con su respectivo balasto que puede ser utilizado para mejorar el rendimiento y la calidad de iluminación de las lámparas.

Tabla 2.3: Tipos de balastos según el tipo de lámpara

Según el tipo de lámpara los equipos pueden ser:	
• Lámpara tubular fluorescente T8, (d=26)	Electromagnético/Electrónico
• Lámpara tubular fluorescente T5, (d=16)	Electrónico
• Lámpara fluorescente compacta	Electromagnético/Electrónico
• Lámpara vapor de sodio	Electromagnético
• Lámpara de halógenos metálicos	Electromagnético/Electrónico
• Incandescencia Halógenas	Electromagnético/Electrónico
• Lámparas de inducción electromagnética	Electrónico

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”

2.4.4.4.2 Arrancadores

El arrancador es un componente del equipo auxiliar cuyas características eléctricas tienen una importancia fundamental en la vida de la lámpara (ver figura 2.17). La tensión de pico, la corriente máxima (independiente / en serie) posición de fase, tensión de conexión e interrupción, tiene que ser la idónea para lo requerido por tipo y potencia.



Figura 2.17: Arrancador

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”

El arrancador es el componente que proporciona en el momento del encendido, bien por sí mismo o en combinación con el balasto, la tensión requerida para el cebado de la lámpara. El arrancador puede ser eléctrico, electrónico o electromecánico.

Conviene mencionar que las lámparas fluorescentes, cuando el equipo auxiliar es un balasto electromagnético, también precisan un arrancador que comúnmente es conocido como cebador. El cebador realiza primero un caldeo de los cátodos para posteriormente iniciar el encendido

El arrancador es un componente con una fuente de energía limitada; el que esta energía llegue a la lámpara con la magnitud requerida para su arranque, depende del tipo de arrancador (independiente, mediante balasto) y del cableado (clase de conductor, disposición, etc.) que se realice.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética los arrancadores suponen una pérdida entre el 0,8-1,5% de la potencia de la lámpara.

2.4.4.4.3 Condensadores

El condensador es el componente que corrige el factor de potencia ($\cos \phi$) a los valores definidos en normas y reglamentos en vigor. En alumbrado su utilización es fundamental con balastos electromagnéticos, ya que la corriente que circula por ellos se halla en oposición de fase con respecto a la corriente reactiva de tipo inductivo de la carga, produciendo su superposición y una disminución de la corriente (y potencia) reactiva total de la instalación.

El resultado final es una reducción de la potencia consumida que se traduce en un menor gasto energético y, por lo tanto, en una mayor eficiencia energética de la instalación. Se puede mencionar que las pérdidas en los condensadores suponen entre el 0,5-1% de la potencia de la lámpara.

El conjunto de componentes que forman el equipo auxiliar deben cumplir, tanto individualmente como en conjunto, las normas, reglamentos, directivas, etc., que estén en vigor.

Hay que recalcar que tanto el condensador como el arrancador, únicamente se utilizan con balastos electromagnéticos y no con los electrónicos, ya que éstos llevan incorporado unos componentes electrónicos que desempeñan las funciones de ambos equipos.

Todo balasto debe tener marcado, además de las características eléctricas, el t_w (temperatura máxima de funcionamiento), Δt (incremento de temperatura), t_a (temperatura máxima de ambiente) y λ (factor de potencia).

Además pueden llevar impresas las marcas de conformidad de diferentes organismos de homologación.

2.4.4.4.5 Tipos de luminarias recomendadas

Las luminarias a utilizar en las oficinas se pueden analizar por características de montaje, eléctricas o por condiciones operativas, que define como luminaria al aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Para las luminarias a instalar en cada zona se considerarán los aspectos siguientes:


- Distribución fotométrica de la luminaria.
- Rendimiento de la luminaria.

- Sistema de montaje al techo, pared, etc.
- Grado de protección (IP XXX):
 - 1ª cifra: grado de protección contra polvo y cuerpos sólidos.
 - 2ª cifra: grado de protección contra la penetración de líquidos.
 - 3ª cifra: grado de protección contra choques
- Clase eléctrica.
- Cumplimiento de la normativa que les aplica

2.4.4.4.6 Distribución fotométrica de la luminaria

La forma de la distribución de luz de una luminaria depende del tipo de fuente de luz y del componente óptico que incorpore: ópticas, reflectores, lentes, diafragmas, pantallas, etc. En la tabla 2.4 se da una recomendación del tipo de aplicación para cada tipo de distribución.

Tabla 2.4: Tipo de distribución vs Aplicación

Tipo de distribución		Aplicación
Difusa		Iluminación general y decorativa
Extensiva		Iluminación general
Intensiva		Iluminación general para grandes alturas
Asimétrica		Iluminación perimetral y pizarras
Intensiva orientable		Iluminación de acento y decorativa

Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”

En coordinación con el tipo de distribución de luz, se tienen que analizar las características de deslumbramiento de la luminaria, según los diagramas de curvas límites de luminancias y las clases de deslumbramiento.

Dependiendo con qué tipo de distribución de haz se ilumine un objeto, se obtienen resultados drásticamente distintos. En un objeto con textura, la luz dirigida resaltará sus formas, y la luz difusa las disimulará. En algunos casos es recomendable que las sombras no sean demasiado marcadas, ya que endurece las formas.

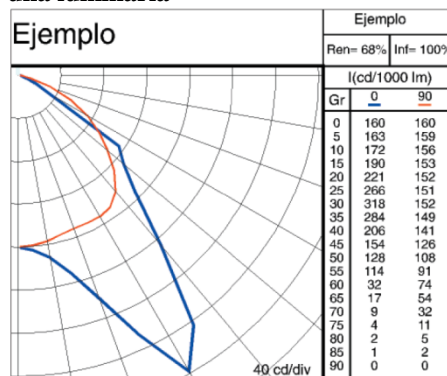
Desde el punto de vista fotométrico la luminaria será la adecuada para el tipo de actividad a desarrollar. De acuerdo a la clasificación C.I.E. de porcentaje de flujo en el hemisferio superior e inferior de la horizontal, tenemos, las siguientes clases de luminarias:

- Directa: Hemisferio superior del 0 - 10%, hemisferio inferior 90 - 100%.
- Semi-directa: Hemisferio superior del 10 - 40%, hemisferio inferior 60 - 90%.
- Directa-indirecta / general difusa: Hemisferio superior del 40 - 60%, hemisferio inferior 40 - 60%.
- Semi-indirecta: Hemisferio superior del 60 - 90%, hemisferio inferior 10 - 40%.
- Indirecta: Hemisferio superior del 90 - 100%, hemisferio inferior 0 -10%.

2.4.4.4.6 Rendimiento de la luminaria

El rendimiento de la luminaria es denominado LOR (Light Output Ratio), y describe la relación entre el flujo luminoso emitido por una luminaria y el flujo luminoso de las lámparas empleadas. Con esto se puede reconocer la distribución del flujo luminoso de una luminaria en los semi espacios inferior y superior como se observa en la tabla 2.5.

Tabla 2.5: Distribución de una luminaria



Fuente: Comité Español de Iluminación- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”

Un diseño de luminaria que combine un elevado rendimiento luminoso y una apropiada distribución de la luz es esencial, si se desea obtener un alumbrado de buena calidad y bajo costo. Por ejemplo, una regleta tiene un rendimiento muy

elevado (aproximadamente un 90%), pero su distribución de luz está tan poco controlada, que ocasiona grandes deslumbramientos e instalaciones ineficientes, ya que la luz llega a cualquier superficie en igualdad de condiciones, mientras que no queda privilegiado el plano de trabajo.

Las luminarias que estén destinadas al uso de oficinas necesitarán ser equipadas con dispositivos de control de luz, tales como reflectores, rejillas metálicas o cubiertas prismáticas. Estos dispositivos deben dirigir la luz en aquellas direcciones en las que ésta es necesaria, reduciendo al mismo tiempo su intensidad o eliminándola del todo en aquellas direcciones donde pudiera causar deslumbramiento, además deben hacerlo sin disminuir demasiado el rendimiento luminoso.

No se puede dar mucha direccionalidad a la luz producida por una lámpara fluorescente en el sentido longitudinal de la misma, la distribución en este sentido es prácticamente igual en todas las luminarias y no permite una relación interdistancia/altura mayor a 1.5. Sin embargo en la dirección perpendicular al eje de la lámpara, tanto los reflectores, como los paneles prismáticos pueden dar una cierta direccionalidad a la luz.

Un reflector de aluminio brillante puede dar una direccionalidad bastante importante en el sentido transversal a la luz que sale de la luminaria, hasta llegar a conseguir distribuciones fotométricas en forma de “ala de murciélago”, o de “haz ancho” o en forma de “Delta”. Esta última es la que permite un espaciado transversal entre luminarias mayores, manteniendo el nivel de iluminación más alto y la uniformidad adecuada. Cuando los niveles requeridos son más bajos como puede ser en una sala de conferencias o un pasillo, la distribución que nos permitirá una separación mayor será la de “haz ancho”.

2.4.4.4.7 Sistemas de montaje

Por las características de montaje que se presentan en los edificios destinados a oficinas, se pueden utilizar las siguientes luminarias:

- Empotradas.
- Suspendidas.
- Adosadas a techo o paredes.
- De sobre mesa o pie.

En las zonas exteriores destinadas a accesos se utilizarán luminarias de tipo viario, decorativo o de proyección.

2.4.4.4.8 Sistemas de regulación y control

En determinados tipos de oficinas, como pueden ser el tipo Reunión ó el tipo Club, resulta imprescindible el disponer de sistemas de regulación y control de la iluminación que permitan su ajuste a la situación. Es aconsejable extender estos sistemas al resto de los tipos de oficinas, con la utilización además de sistemas automáticos centralizados que regulen el nivel de iluminación interior en función del existente en el exterior.

La implantación de sistemas de control reduce los costes energéticos y de mantenimiento de la instalación, e incrementa la flexibilidad del sistema de iluminación. Este control permite realizar encendidos selectivos y regulación de las luminarias durante diferentes períodos de actividad, o según el tipo de actividad cambiante a desarrollar.

2.4.4.4.9 Tipos de sistemas de regulación y control

Se distinguen 4 tipos fundamentales de sistemas de regulación y control:

- Regulación y control bajo demanda del usuario por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
- Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.
- Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
- Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

Estos sistemas apagan, encienden y regulan según detectores de movimiento y presencia, células de nivel por la luz natural o calendarios y horarios preestablecidos. La utilización de estas técnicas es muy aconsejable y supone ahorros en energía muy importantes de hasta el 65%, dependiendo del tipo de instalación.

Un control de alumbrado bien concebido, puede ahorrar energía en dos sentidos:

- Haciendo buen uso de la luz natural, para reducir los niveles de la luz artificial cuando sea posible.
- Apagando el alumbrado artificial cuando el espacio a iluminar no esté ocupado.

Los empleados de los centros en los que se pretenda instalar un sistema de control, especialmente si son reformas de alumbrados ya existentes, deben ser previamente informados y hacerles partícipes de la iniciativa, para evitar rechazos que puedan derivar en problemas laborales, ya que algunos pueden sentirse coaccionados ante acciones de control.

Es aconsejable que cada circuito de una instalación disponga de un interruptor de encendido o apagado, con control superior al automático, para que pueda ser reactivado a voluntad del usuario si el sistema automático la ha dejado fuera de servicio

2.4.4.4.9.1 Control de la iluminación artificial mediante interruptores manuales y temporizados.

Un simple interruptor manual es una poderosa herramienta para ahorrar energía. Los trabajadores pueden apagar el alumbrado durante su ausencia en una dependencia, horas de comidas, etc. Esto es raramente realizado en la práctica.

Cuando el primer ocupante de un local entra en él, la posibilidad de que encienda el alumbrado depende, principalmente, del nivel de luz natural existente en la sala. Sin embargo, el apagado del alumbrado no se produce hasta que el último

ocupante del local lo haya abandonado, o en muchas ocasiones hasta que la persona de seguridad de la empresa realiza la ronda de última hora de la tarde.

Los interruptores deben estar perfectamente etiquetados, indicando sobre qué instalación o circuito actúa cada uno, y separados entre sí, para que el usuario no sienta la tentación de activar varios de ellos con un solo movimiento de la mano.

Las luminarias deben estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas de aquellas situadas en el lado opuesto.

Como regla a seguir en estos casos, el número de interruptores manuales existentes para el control del alumbrado de local o sala, ***“no debe ser menor a la raíz cuadrada del número de luminarias instaladas”***.

Por ejemplo, aplicando la regla mencionada en el párrafo anterior tenemos que en un oficina con doce (12) luminarias, el número de interruptores manuales será, como mínimo, de cuatro (4), porque obtenemos la raíz cuadrada del número de lámparas que en este caso sería de 12, dando un valor de 3.46 que aproximadamente es 4, el número de interruptores que se necesita para esa oficina.

El control de iluminación mediante interruptores temporizados es un sistema más radical que los manuales. Las lámparas son apagadas desde un panel central a la misma hora cada día, coincidiendo con los tiempos libres. Los usuarios son libres de reencender aquellas lámparas que consideren necesarias.

En este sistema, la participación de los empleados es esencial, ya que deben involucrarse en el ahorro energético y comprender la importancia que el consumo tiene en el medio ambiente.

En cada caso, un interruptor de rango superior al temporizado, debe permitir reencender las lámparas que a criterio del usuario se consideren necesarias.

Interruptores temporizados independientes pueden ser utilizados en aquellas dependencias donde la permanencia de personas sea o deba ser por un tiempo limitado. Por ejemplo, en los servicios.

2.4.4.4.9.2 Control de iluminación artificial mediante controladores de luz natural.

La luz natural que penetra a través de las ventanas puede crear una variación agradable en el alumbrado y facilitar un modelado y una distribución de luminancias específicas en el interior. Todo ello contribuye a un sentimiento general de satisfacción visual experimentada por los trabajadores, siempre y cuando no exista deslumbramiento por parte del sol, del cielo o de las propias ventanas cuando las salas son muy profundas.

Sin embargo las ventanas que puedan originar deslumbramiento, necesitan que el alumbrado eléctrico en la zona adyacente a la luz natural sea incrementado de nivel, con objeto de compensar la alta luminancia de las ventanas. Podríamos evitar dicho deslumbramiento mediante la utilización de cristales tintados de baja transmitancia, o persianas, rejillas o mamparas.

En la mayoría de las instalaciones de oficinas puede aprovecharse la luz natural hasta una distancia de unos 4m desde las ventanas y durante la mayor parte del año, pudiendo reducir el flujo de las luminarias instaladas sobre las mesas que ocupan esta posición cercana a las ventanas.

Cuando existe aportación de luz natural en el interior, es importante eliminar las zonas oscuras con el apoyo de luz artificial y que ésta tenga una apariencia en color próxima a la de la luz natural tras ser tamizada por los cristales, así mismo cuando el nivel de luz natural sea excesivo se debe reducir con toldos, apantallamientos, cristales opales, o persianas.

No obstante, la luz natural puede aportar incrementos en la eficiencia del sistema de iluminación, en particular cuando se combinan con sistemas automáticos de regulación de luz artificial. Este aporte de luz natural debe ser propiciado en primera fase por la incorporación en la propia estructura del edificio, de elementos arquitectónicos como ventanas, lucernarios, claraboyas y paramentos verticales acristalados y, en segunda fase, con la realización de un proyecto de regulación de los sistemas de iluminación artificial acorde a la contribución de la luz natural.

Los sistemas basados en el control de la luz natural que penetra en un local, por medio de fotocélulas, ofrecen otro método alternativo para el ahorro energético.

Un sensor de luz, colocado habitualmente en el techo, mide la cantidad de luz natural que reciben las mesas situados debajo de él, y ajusta automática-mente la aportación de luz artificial necesaria para la correcta realización de la tarea que se desarrolla.

Existen dos tipos de sistemas de regulación:

- Todo/Nada: La iluminación se enciende y apaga por debajo o por encima de un nivel de iluminación prefijado.
- Regulación progresiva: La iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz exterior hasta conseguir el nivel de luz prefijado.

Un mal funcionamiento del sensor, puede causar molestias a los trabajadores, por los encendidos y apagados de las lámparas, motivados por las variaciones de la luz natural.

La alternativa más adecuada es la de utilizar luminarias con balastos electrónicos de alta frecuencia regulables, que controlados por una fotocélula, hace variar la aportación de flujo luminoso emitido por las lámparas en función de la variación de la luz natural.

2.4.4.4.9.3 Control de iluminación artificial mediante detectores de presencia.

Los detectores de presencia responden a la ausencia de personas en el local con el apagado del alumbrado artificial.

Existen cuatro tipos de detectores de presencia:

- Infrarrojos
- Acústicos por ultrasonidos
- Acústicos por microondas
- Híbridos de los dos anteriores

Estos sistemas pueden originar el apagado de la instalación que controlan, si a pesar de la presencia de alguna persona en el interior, esta permanece durante un periodo de tiempo en actitud estática.

2.4.4.4.9.4 Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

En edificios destinados a usos múltiples, es cada vez más interesante disponer de un sistema que permita el manejo y el control energético de las instalaciones de iluminación, de forma similar a los implantados para otras instalaciones como las de climatización. El control centralizado supone una serie de ventajas, entre las que citaremos:

- Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante órdenes centrales, bien sea manuales o automáticas (control horario).
- Modificación de circuitos de encendido a nivel central sin obras eléctricas.
- Monitorización de estado de los circuitos y consumos de los mismos.

Si el sistema centralizado dispone simultáneamente de control local, un buen uso de la centralización permitirá un considerable ahorro de energía, aplicando un buen control horario, de acuerdo con las necesidades del usuario, que evite luces olvidadas encendidas.

Se recomiendan las siguientes reglas genéricas de conmutación, que son aplicables a cualquier tipo de sistema de control.

- Cada oficina o zona, por separado debe tener sus propios interruptores de control.
- En grandes espacios, las zonas de trabajo deben agruparse y el alumbrado de cada grupo conmutarse independientemente.
- Cada grupo debe ser conmutable en al menos dos etapas del 50% cada una y distribuido uniformemente sobre toda el área.
- Las zonas de tareas que precisen niveles mayores de iluminación, como por ejemplo mesas de dibujo, deben tener circuitos de alumbrado independientes.

- Las luminarias adyacentes al plano de ventanas deben conectarse en grupos conmutados separadamente.

2.4.5 Luz Natural

Las ventanas proporcionan el contacto visual con el mundo exterior, el cual se hace necesario en aquellas oficinas en las que los empleados permanecen todo el día.

La luz natural que penetra a través de las ventanas, pueden crear una variación agradable en el alumbrado y facilitar un modelado y una distribución de luminancias específicas en el interior. Todo ello contribuye a un sentimiento general de satisfacción visual experimentada por los trabajadores, siempre y cuando no exista deslumbramiento por parte del sol, del cielo o de las propias ventanas cuando las salas son muy profundas.

Las ventanas que puedan originar deslumbramiento, necesitan que el alumbrado eléctrico en la zona adyacente a la luz natural sea incrementado de nivel, con objeto de compensar la alta luminancia de las ventanas Infraestructura

Existen diferentes tipos y niveles de iluminación para distintos tipos de oficinas. En el caso de esta oficina, en la que se trabaja en cubículos frente a un computador la mayor parte del tiempo, la iluminación es controlada por varios interruptores correspondientes a distintos sectores. Además presenta diferentes ambientes que requieren distinta iluminación.

2.4.6 Ergonomía Visual ^[11]

La ergonomía visual es una rama de esta ciencia que se encarga de identificar y analizar los aspectos medioambientales y laborales que pueden causar problemas en la salud ocular y en la funcionalidad visual,

La ergonomía visual queda condicionado por los siguientes aspectos de iluminación como:

- El deslumbramiento directo por parte de los aparatos iluminantes
- La reflexión de las luces sobre el escritorio
- Los excesivos contrastes de luminancia sobre el área de trabajo

En la tabla 2.6 se observa la variación de la necesidad de la luz, con los diferentes tipos de lámparas, según la edad de las personas

Tabla 2.6: Variación de la necesidad de luz según la edad

EDAD \ LUZ	Incandescente	Halógena	Fluorescente compacto
0 – 35 años	60 W	20 – 35 W	11 W
35 – 50 años	75 W	35 – 50 W	18 W
> 50 años	100 W	50 W	24 W

Fuente: “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”-Comité Español de Iluminación

2.4.7 Requisitos para una buena iluminación

Una buena iluminación es aquella que proporciona los niveles de luz adecuados a la actividad que se realiza, controla los deslumbramientos y las posibles sombras, uniformiza la iluminación equilibrando las luminancias en el campo visual e integra el máximo posible la luz natural.

Los requisitos para una buena iluminación en los espacios de oficinas son los siguientes:

- Nivel de iluminación adecuado a la tarea que se realiza.
- Nivel de iluminación uniforme
- Luz incidente en la dirección debida
- Color adecuado de la luz
- Ausencia de deslumbramientos y brillos controlados
- Adecuados índices de reflexión
- Buen rendimiento de la instalación
- Tipo y cantidad de luminarias adecuado para el sistema de iluminación que se persigue

2.4.8 Niveles de iluminación recomendados

La norma ISO 8995 especifica los requisitos de iluminación para los puestos de trabajo y para que las personas ejecuten con eficiencia las tareas visuales, con comodidad y seguridad a través del periodo completo de trabajo.

En la tabla 2.7 se visualiza los rangos de luminancia establecidos por la norma antes mencionada, para las diferentes actividades y áreas.

Tabla 2.7: Rangos de Iluminancia según ISO 8995

AREA O ACTIVIDAD	RANGOS DE ILUMINANCIA (lx)		
	Mínimo	Recomendado	Máximo
AREAS GENERALES DEL EDIFICIO			
Áreas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras	100	150	200
Guardarropas, aseos	100	150	200
Zonas de almacenaje	100	150	200
TALLERES			
Trabajos rudos, maquinaria pesada	200	300	500
Trabajos medios, montajes de maquinas	300	500	750
Trabajos finos, electrónica	500	750	1000
Trabajos muy finos instrumentos de montaje	1000	1500	2000

Fuente: “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”-Comité Español de Iluminación

2.4.9 Iluminación adecuada para cada tipo de trabajo en oficinas

A continuación presentamos un resumen de las actividades y la cantidad de lúmenes por área.

- Trabajo con pantalla de ordenador 200 lux
- Trabajo de lectura y escritorio 500 a 700 lux
- Trabajos continuos de dibujo 750 a 1000 lux
- Trabajos de precisión 1500 a 3000 lux

Generalmente, los niveles de iluminancia de hasta unos 200 Lx se suelen crear mediante iluminación general. De ahí hasta los 1000 Lx se obtienen mediante una iluminación general con iluminación general localizada y/o puntual. A partir de los 1000 Lx se suelen utilizar elementos de iluminación puntual, proyectores, etc.

2.4.10 El Deslumbramiento

El deslumbramiento es el caso límite de desequilibrio de luminancias que aparecen en el campo visual. Es decir, puede entenderse como un contraste excesivo de luminancias, que puede llegar a causar molestias físicas como el dolor de cabeza. Existen varios puntos de desequilibrios que producen deslumbramientos. Estos pueden ser absolutos, relativos o de transición.

Los deslumbramientos absolutos se producen cuando en el campo visual aparece un objeto o detalle de una luminancia muy elevada por sí misma, como por ejemplo, el filamento de una lámpara incandescente, el sol aún en el ocaso, etc.

En el caso de trabajos con pantallas de visualización de datos se recomienda limitar la presencia de luminancias superiores a 2.000 cd/m² para superficies pequeñas y a 200 para superficies grandes.

Los deslumbramientos relativos se producen cuando las relaciones de luminancias de los objetos que aparecen en el campo visual son muy elevadas. Es el caso de los faros del coche que viene de frente cuando conducimos de noche. En este caso, la limitación del deslumbramiento se conseguirá asegurando las relaciones de luminancias dentro del campo visual

Los deslumbramientos de transición se producen cuando en un corto periodo de tiempo aparecen panoramas de muy diferentes luminosidades, aunque dentro de los mismos puedan estar equilibrados. Por ejemplo, la entrada y salida de un túnel.

2.4.11 El Color

El tratamiento cromático del ambiente y de las áreas de trabajo puede tener varias justificaciones; desde las razones de señalización por seguridad, hasta una función puramente estética de mejorar la impresión del entorno, pasando por la mejora de la eficacia y el rendimiento de los sistemas de iluminación.

El color, es evidente, influye en el comportamiento de las personas. El color es una sensación, como lo son el calor y el frío. La noción de utilizar las sensaciones

para controlar el entorno laboral es un concepto prácticamente desconocido en muchos países.

La temperatura del color en los locales de oficinas es muy importante porque contribuye al bienestar del usuario; además puede llegar a mejorar el rendimiento energético y laboral de una instalación.

La clasificación más común y más aceptada de los colores establece la siguiente división:

- Colores calientes: rojo, naranja, amarillo, etc.
- Colores neutros: blancos y grises.
- Colores fríos: azul, verde...

En aquellos entornos donde la iluminación general sea fluorescente y de un color determinado, debe de hacerse un esfuerzo por no utilizar unas lámparas para el alumbrado localizado que tengan idéntica temperatura de color. El uso de fluorescencia fría en la iluminación general e incandescencia halógena en las lámparas de apoyo, o viceversa, puede ser una buena opción.

Como recomendaciones prácticas generales, se pueden destacar:

- En áreas de larga permanencia deberían predominar los colores neutros, para que no fatiguen y permitan resaltar los elementos más importantes.
- Las áreas de escasa presencia, como pasillos, salas de reunión, etc. admiten un tratamiento cromático con colores más saturados, según el efecto que se quiera reforzar.

En la tabla 2.8 se puede ver los principales efectos psicológicos del color en el ser humano:

Tabla 2.8: Efectos psicológicos de los colores

Color	Distancia	Temperatura	Efecto psíquico
Azul	Lejanía	Frío	Relajante
Verde	Lejanía	Moderadamente frío	Muy relajante
Rojo	Proximidad	Calor	Muy estimulante
Naranja	Muy próximo	Muy caluroso	Excitante
Amarillo	Próximo	Muy caluroso	Excitante
Marrón	Claustrofobia	Neutro	
Violeta	Muy próximo	Frío	Agresivo, agitación.

Fuente: Ediciones OFITA-“La iluminación en los entornos de oficina”

2.4.12 Energía ^[12]

La energía proporciona confort personal y movilidad a las personas, y es esencial para la generación de riqueza industrial, comercial y social. Por otra parte, la producción y el consumo de energía ejercen notables amenazas sobre el medio ambiente (se incluyen aquí la producción de calor y electricidad, el refinado de petróleo y su uso final en los hogares, los servicios, la industria y el transporte).

Tales amenazas incluyen la emisión de gases de efecto invernadero y contaminantes del aire, el uso del suelo, la generación de residuos y las mareas negras. Son factores que contribuyen al cambio climático, dañan los ecosistemas naturales y el entorno artificial, y producen efectos adversos sobre la salud humana.

Existen varias definiciones del término energía las cuales se presentan a continuación:

“La Energía es un concepto esencial de las ciencias. Desde un punto de vista material complejo de definir. La más básica de sus definiciones indica que se trata de la capacidad que poseen los cuerpos para producir Trabajo, es decir la cantidad de energía que contienen los cuerpos se mide por el trabajo que son capaces de realizar.”(1)

“En tecnología y economía, energía se refiere a un recurso natural (incluyendo a su tecnología asociada) para extraerla, transformarla y darle un uso industrial o económico.”(2)

2.4.12.1 El Trabajo ^[13]

En mecánica clásica, el trabajo que realiza una fuerza sobre un cuerpo equivale a la energía necesaria para desplazar este cuerpo. El trabajo es una magnitud física escalar que se representa con la letra W (del inglés *Work*) y se expresa en unidades de energía, esto es en julios o joules (J) en el Sistema Internacional de Unidades.

Matemáticamente en forma escalar se expresa como:

$$W = F \cdot d = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

Donde F es el módulo de la fuerza, d es el desplazamiento y α es el ángulo que forman entre sí el vector fuerza y el vector desplazamiento.

Cuando el vector fuerza es perpendicular al vector desplazamiento del cuerpo sobre el que se aplica, dicha fuerza no realiza trabajo alguno. Asimismo, si no hay desplazamiento, el trabajo también será nulo.

2.4.12.2 La Potencia ^[14]

Es la magnitud que caracteriza la rapidez con que la energía se transforma o se transmite de un sistema a otro.

Cuando se habla de rapidez, inexorablemente, se incluye el tiempo. Mientras más energía se transforma en la unidad de tiempo, más potencia tiene el dispositivo transformador.

La potencia identifica las maquinarias, los dispositivos y equipos electrodomésticos en cuanto a rapidez para transformar la energía. Por ejemplo un auto LADA y un camión KP-3 tienen potencias notoriamente distintas. El camión tiene más pistones que el auto, en su motor, y los mismos son más grandes, lo que hace que por cada unidad de tiempo, mayor cantidad de combustible explota en el motor del camión. Esto hace que la energía de la que dispone el camión, para su trabajo, por unidad de tiempo, sea mucho mayor que la que dispone el auto.

La potencia se mide en vatios, W, en el Sistema Internacional.

$$P = \frac{W}{t}$$

2.4.12.3 Tipos de Energía ^[15]

La energía puede manifestarse de diferentes maneras: en forma de movimiento (cinética), de posición (potencial), de calor, de electricidad, de radiaciones electromagnéticas, etc. Según sea el proceso, la energía se denomina:

- Energía Mecánica
- Energía Térmica
- Energía Eléctrica
- Energía Química
- Energía Nuclear

2.4.12.4 Transformaciones de la energía

Es el cambio físico o químico que sufre la materia al emplearse como energía.

Por ejemplo la gasolina energía potencial al quemarse y sufrir su combustión dentro de un motor nos da energía cinética o de movimiento al hacer que un auto se desplace y la gasolina no desaparece solo se descompone en CO₂, H₂O y calor que después es utilizado por las plantas para su proceso de fotosíntesis absorbiendo el CO₂ y transpirando oxígeno y nosotros absorbemos el oxígeno y transpiramos dióxido de carbono realizando un ciclo de energía

2.4.12.5 Principio de conservación de la energía

El Principio de conservación de la energía indica que la energía no se crea ni se destruye; sólo se transforma de unas formas en otras. En estas transformaciones, la energía total permanece constante; es decir, la energía total es la misma antes y después de cada transformación.

En el caso de la energía mecánica se puede concluir que, en ausencia de rozamientos y sin intervención de ningún trabajo externo, la suma de las energías cinética y potencial permanece constante. Este fenómeno se conoce con el nombre de Principio de conservación de la energía mecánica.

2.4.12.6 Degradación de la energía

Unas formas de energía pueden transformarse en otras. En estas transformaciones la energía se degrada, pierde calidad. En toda transformación, parte de la energía se convierte en calor o energía calorífica.

Cualquier tipo de energía puede transformarse íntegramente en calor; pero, éste no puede transformarse íntegramente en otro tipo de energía. Se dice, entonces, que el calor es una forma degradada de energía. Son ejemplos:

- La energía eléctrica, al pasar por una resistencia.
- La energía química, en la combustión de algunas sustancias.
- La energía mecánica, por choque o rozamiento.

Se define, por tanto, el Rendimiento como la relación (en % por ciento) entre la energía útil obtenida y la energía aportada en una transformación.

$$R = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía total}} \cdot 100\%$$

2.4.12.7 Fuentes de energía

Las Fuentes de energía son los recursos existentes en la naturaleza de los que la humanidad puede obtener energía utilizable en sus actividades.

En la sociedad actual la energía ha adquirido una importancia vital, porque permite el funcionamiento de todos sus sistemas. Los tipos de energía más utilizados en Ecuador están relacionados con el uso de los combustibles, la energía eléctrica, los derivados del petróleo, el gas licuado, como se ve en la figura 2.18.



Figura 2.18: Fuentes de energía

Fuente: <http://mada3210.blogspot.com/2011/01/fuentes-de-energia.html>

2.4.12.8 Fuentes de energía renovables

Las fuentes de energía renovables son aquellas que, tras ser utilizadas, se pueden regenerar de manera natural o artificial. Algunas de estas fuentes renovables están sometidas a ciclos que se mantienen de forma más o menos constante en la naturaleza.

Existen varias fuentes de energía renovables, como son:

- Energía hidráulica.
- Energía Hidroeléctrica.
- Energía eólica.
- Energía solar
- Energía de la biomasa (vegetación)

2.4.12.9 Fuentes de energía no renovables

Las fuentes de energía no renovables son aquellas que se encuentran de forma limitada en el planeta.

Existen varias fuentes de energía no renovables, como son:

- Los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural)
- La energía nuclear (fusión nuclear)

2.4.13 Electricidad ^[16]

La electricidad es la forma de energía originada en la materia por la existencia de cargas eléctricas y la interacción de las mismas tanto en reposo como en movimiento.

Es un fenómeno físico, cuyo origen son las cargas eléctricas y cuya energía se puede manifestarse ya sea en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos o físicos.

La electricidad tendrá origen por las cargas eléctricas que estén en reposo o en movimiento y por las interacciones que también se dan entre estas. Existen dos tipos de cargas eléctricas, unas positivas (protones) y otras negativas (electrones).

2.4.13.1 Electroestática y electrodinámica

La electrostática es la rama de la física que estudia los fenómenos resultantes de la distribución de cargas eléctricas en reposo, esto es, del campo electrostático.

2.4.13.2 Carga eléctrica

La carga eléctrica es una propiedad que poseen algunas partículas subatómicas y que se manifiesta mediante las fuerzas observadas entre ellas. La materia cargada eléctricamente es influida por los campos electromagnéticos siendo, a su vez, generadora de ellos.

2.4.13.3 Campos eléctrico y magnético

Los campos eléctrico (\vec{E}) y magnético (\vec{B}), son campos vectoriales caracterizables en cada punto del espacio y cada instante del tiempo por un módulo, una dirección y un sentido. Una propiedad fundamental de estos campos es el principio de superposición, según el cual el campo resultante puede ser calculado como la suma vectorial de los campos creados por cada una de las cargas eléctricas.

2.4.13.4 Corriente eléctrica

Se denomina corriente eléctrica al flujo de carga eléctrica a través de un material sometido a una diferencia de potencial. Históricamente, se definió como un flujo de cargas positivas y se fijó el sentido convencional de circulación de la corriente como un flujo de cargas desde el polo positivo al negativo.

Según la ley de Ohm, ver la fig. 2.19 la intensidad de la corriente es igual a la tensión (o voltaje) dividido por la resistencia que oponen los cuerpos:

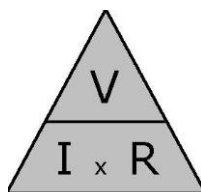


Figura 2.19: Ley de ohm

Fuente: <http://yazzbonilla.blogspot.com/2012/06/resistencia-electrica-y-ley-de-ohm.html>

2.4.14 Generación de Energía Eléctrica ^[17]

En general, la generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica. Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones citadas. Estas constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico.

La demanda de energía eléctrica de una ciudad, región o país tiene una variación a lo largo del día. Esta variación es función de muchos factores, entre los que destacan: tipos de industrias existentes en la zona y turnos que realizan en su producción, climatología extremas de frío o calor, tipo de electrodomésticos que se utilizan más frecuentemente, tipo de calentador de agua que haya instalado en los hogares, la estación del año y la hora del día en que se considera la demanda.

La generación de energía eléctrica debe seguir la curva de demanda y, a medida que aumenta la potencia demandada, se debe incrementar la potencia suministrada. Esto conlleva el tener que iniciar la generación con unidades adicionales, ubicadas en la misma central o en centrales reservadas para estos períodos.

2.4.14.1 Centrales termoeléctricas

Una central termoeléctrica o central térmica es una instalación empleada para la generación de energía eléctrica a partir de calor. Este calor puede obtenerse tanto de combustibles fósiles (petróleo, gas natural o carbón) como de la fisión nuclear del uranio u otro combustible nuclear. Las centrales que en el futuro utilicen la fusión también serán centrales termoeléctricas.

2.4.14.2 Centrales hidroeléctricas

Una central hidroeléctrica es aquella que se utiliza para la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua embalsada en una presa situada a más alto nivel que la central.

2.4.14.3 Centrales eólicas

La energía eólica se obtiene del viento, es decir, de la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire o de las vibraciones que dicho viento produce.

2.4.14.4 Centrales fotovoltaicas

Se denomina energía solar fotovoltaica a la obtención de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos, la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna mediante un inversor e inyectar en la red eléctrica para autoconsumo.

2.4.15 Ahorro de energía eléctrica

2.4.15.1 Consumo de energía eléctrica ^[18]

Cuando, recién levantados, encendemos la luz, o preparamos un jugo de naranja mientras oímos la radio, o mientras tomamos una buena ducha caliente, no somos conscientes del lujo que supone el poder hacer tantas cosas sin ningún esfuerzo.

No nos preocupamos de cómo ha llegado el agua hasta el grifo, o cómo ha sido calentada hasta esa temperatura tan rica. Los humanos comenzamos a usar la energía externa para nuestro beneficio cuando aprendimos a dominar el fuego. Nuestro modo de vida ha cambiado radicalmente gracias a los recursos energéticos que nos ofrece la naturaleza.

Hoy en día utilizamos de muchas formas distintas esos recursos que nos ofrece la naturaleza, aunque el uso de unas u otras fuentes de energía varíe de país a país. Por ejemplo, en muchos países no se usa más que madera o carbón vegetal para calentar la casa o cocinar. Es más, un tercio de la población mundial (unos 2.000 millones de personas) no puede acceder a ninguna otra fuente.

Además, podemos transformar la energía de cualquier origen en electricidad. La energía eléctrica puede transportarse muy fácilmente de un lugar a otro, y permite satisfacer muchas necesidades distintas (movimiento mediante motores, calor mediante resistencias, por ejemplo) de una manera limpia y cómoda. Al igual que las demás fuentes de energía, también la electricidad se distribuye irregularmente

por el mundo. Por ejemplo, en nuestro entorno, alrededor del 50% de la energía se consume en forma de electricidad.

Por el contrario, en los países africanos al sur del Sahara sólo el 10% de la población tiene acceso a la electricidad. Por desgracia, nuestro consumo de energía actual no hace sino aumentar. Cada uno de nosotros, según pasan los años, demandamos cada vez más recursos energéticos. Viajamos cada vez más, o no estamos dispuestos a renunciar al aire acondicionado y otras comodidades.

De modo que para garantizar nuestro futuro es ineludible limitar el consumo y utilizar razonablemente los recursos naturales. Desde la gran crisis del petróleo en los años setenta, los países desarrollados se concienciaron de la importancia del ahorro energético desde dos puntos de vista: el ahorro económico y el deterioro medioambiental.

Una de las cosas más importantes es conseguir la concienciación de los consumidores de que derrochar energía no es sinónimo de calidad de vida. Al contrario: cuanta más energía se consuma, mayor será el deterioro medioambiental y con mayor rapidez se agotarán las fuentes de energía existentes. Por ello, urge adoptar medidas de ahorro energético, minimizando su consumo, sin que ello signifique una disminución de nuestro actual estado de bienestar, conseguido tras larga lucha de la humanidad por aprovechar al máximo los recursos de la Naturaleza.

Las soluciones que se están adoptando en la industria son: uso de máquinas más eficientes, empleo de nuevas fuentes de energía que contaminen menos, sistemas de cogeneración que permiten rendimientos próximos al 100%, etc...

Hay que aprender a usar eficientemente la energía. Esto significa no emplearla en actividades innecesarias y conseguir hacer las tareas con el mínimo consumo de energía posible. Desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía es lo más importante para lograr un auténtico desarrollo, que se pueda llamar sostenible.

Por ejemplo, se puede ahorrar energía en los automóviles, tanto construyendo motores más eficientes, que empleen menor cantidad de combustible por kilómetro, como con hábitos de conducción más racionales, como conducir a menor velocidad o sin aceleraciones bruscas.

2.4.15.2 Ahorro de energía eléctrica ^[19]

El ahorro de energía eléctrica es vital para reducir costos en cualquier tipo de empresa.

En industrias, supermercados, hoteles, edificios y otros tipos de construcciones, el ahorro de energía eléctrica debe ser un punto a tomar en cuenta para bajar los costos de producción o mantenimiento debido a la fuerte incidencia de los mismos en el costo final y expensas.

Existen diversos métodos para lograr un adecuado uso de la energía eléctrica, no solo favoreciendo la reducción de costos sino también favoreciendo al medio ambiente.

Dentro de las medidas para bajar el consumo de energía eléctrica de cualquier recinto, sin afectar el confort ni la operatividad del mismo, se encuentra la automatización de la climatización y el control y automatización de la iluminación.

Utilizando la instalación eléctrica del lugar, se pueden agregar tableros de automatismo que mediante dispositivos manejen la iluminación y la climatización de forma inteligente logrando reducir el consumo eléctrico. Luego de haber estudiado el lugar se pueden establecer horarios, días de la semana o determinados eventos para el adecuado nivel de las luces y los equipos de aire acondicionado.

Por ejemplo se pueden programar encendidos y apagados escalonados del aire acondicionado para el horario de apertura y cierre del lugar. También se pueden programar los equipos para que se apaguen y enciendan cíclicamente sin afectar el confort ni la durabilidad del equipo logrando reducir el costo total de la factura eléctrica.

Dentro del ahorro de energía eléctrica también es importante el control y automatización de la iluminación. Así se puede trabajar con esquemas de cerrado, 33%, 66% y encendido total de acuerdo al horario, día de la semana o rutas de limpieza y mantenimiento.

Mediante fotocélulas crepusculares se puede automatizar la iluminación en lugares con aporte solar definiendo la cantidad adecuada de luz para cada sector. Con sensores de presencia se pueden automatizar las luces y equipos de aire acondicionado.

Muchos estudios indican que mediante la automatización se puede lograr un ahorro de energía eléctrica entre el 15 y 30% dependiendo de cada lugar en particular.

2.4.15.3 Técnicas de Ahorro de Energía Eléctrica ^[20]

A diario, ya sea en el trabajo como en el hogar, hacemos uso de la energía eléctrica casi sin darnos cuenta. Encendemos una luz, la cafetera, miramos la televisión, utilizamos la computadora, etc. Y generalmente lo hacemos sin tener en cuenta el consumo de electricidad que estos artefactos generan.

Según la página de internet www.comoahorrardinero.com enumera algunos consejos útiles para que, sin privarse de las comodidades del uso de estos electrodomésticos, logre disminuir el consumo de electricidad. ¡Esto se verá reflejado en su factura de energía eléctrica!

- Solicite anualmente a la compañía de servicios eléctricos que verifique el medidor de luz, para evitar posibles pérdidas de energía en esa fuente. Una forma de hacer esto personalmente es verificar que el medidor no marque consumo al desconectar la caja de revisión.
- Los electrodomésticos consumen energía aun estando en stand-by, por ello es recomendable desenchufarlos si no se van a usar por largo rato.
- Para ahorrar electricidad consumida por los artefactos de iluminación, trate de aprovechar la luz solar. Por ello es conveniente diseñar la casa con

ventanas amplias, y colocarles cortinas claras, para dejar pasar la luz del día.

- Procure encender la luz sólo en las salas ocupadas.
- Al adquirir un artefacto nuevo, verifique la potencia en watts o kilowatts con la que funcionan. A mayor potencia, más energía consumen.
- Asegúrese el buen funcionamiento de los artefactos antiguos, porque no funcionan correctamente gastarán más electricidad.
- Utilice lámparas de bajo consumo, en vez de lamparitas comunes, y manténgalas limpias, para evitar que el polvo que se acumula en ellas les disminuya su intensidad de luminosidad.
- La heladera debe instalarse preferentemente en un área de baja temperatura ambiente y a 15 centímetros de la pared. También trate de abrirla el menor tiempo posible y verifique que quede bien cerrada.
- Deje enfriar previamente los alimentos antes de guardarlos en la heladera, para que el motor no trabaje exigido.

2.5 Hipótesis

El diseño de un Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado permitirá el ahorro de energía eléctrica en el Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial

2.6 Variables

2.6.1 Variable Independiente

Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado

2.6.2 Variable Dependiente.

Ahorro de Energía Eléctrica.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad básica de la investigación

3.1.1. Investigación Bibliográfica – Documental

La modalidad de este proyecto corresponde al ámbito de la investigación bibliográfica, artículos, documentación de revistas, manuales de equipos, software, planos de la Facultad, etc. Permitiendo obtener un análisis correcto para la selección del Sistema de Iluminación, que brinde un alto confort y comodidad en la iluminación del edificio.

3.1.2. De campo

Se trabajó con la modalidad de investigación de campo porque el investigador acudió al lugar en donde se producen los hechos para interactuar y recabar información de una realidad o contexto determinado.

3.1.3. De Investigación o Proyecto Factible

Además de las modalidades anteriores, el trabajo de investigación asumió la modalidad de proyecto factible porque se planteó una propuesta de solución al problema.

3.2. Nivel o Tipo de Investigación

3.2.1. Exploratorio

Porque permitió identificar las características y contexto del problema a investigar. Se comenzó con una exploración superficial del problema.

3.2.2. Descriptivo

Porque se enumeró las variables que fueron consideradas cuya descripción fue procesada de manera ordenada y sistemática en la propuesta.

3.3. Población y Muestra

Al ser un trabajo de investigación de carácter técnico y que el proyecto ayudó al ahorro de energía eléctrica para la F.I.S.E.I. se tomó como población al personal administrativo y coordinadores de carreras del edificio de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial los cuales son 19 personas.

3.4 Operacionalización de variables

3.4.1 Variable Independiente

CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
El Sistema Inalámbrico de Iluminación automatizado es un conjunto de fuentes de luz artificiales instaladas, distribuidas y automatizadas de tal manera que se optimice el confort visual para la adecuada realización de actividades.	Fuentes de luz artificiales..	- Bombillas tradicionales - Lámparas fluorescentes.	¿Cree usted qué el sistema de fuentes de iluminación artificiales es el adecuado para el desarrollo de sus actividades?
	Instaladas , distribuidas y automatizadas	- Diseño de Infraestructura	¿Considera que el diseño de la infraestructura actual requiere algún cambio?
	Confort Visual	- Ergonomía	¿Siente un confort visual en su espacio de trabajo?
	Realización de actividades	- Administrativas - Académicas	¿Las actividades que usted realiza necesitan de una buena iluminación?

Tabla 3.1: Variable Independiente
Elaborado por: El investigador

3.4.2 Variable Dependiente

CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
El ahorro de energía es cualquier acción que tienda a hacer más eficiente el consumo de energía sin la pérdida de la calidad del servicio obtenido por el uso de esta.	Acción	- Apagado y encendido de luminarias.	¿Se ha olvidado en su lugar de trabajo la luz encendida?
	Eficiente consumo de energía	- Ahorro de recursos económicos y energéticos.	¿Consumo usted eficientemente la energía eléctrica?
	Perdida de la calidad	- Mala iluminación.	¿Cree usted que en el sistema actual existe una pérdida de la calidad de la iluminación?

Tabla3.2: Variable Dependiente
Elaborado por: El investigador

3.5 Recopilación de la Información

- Estructuración de instrumentos
Se desarrolló una encuesta considerando que era la herramienta más adecuada para obtener información.
- Validación del instrumento
Se procedió a verificar el instrumento indicado (encuesta) para su posterior aprobación por parte del tutor de este proyecto, y su respectiva distribución.
- Aplicación del instrumento
La aplicación de la encuesta estuvo dirigida a todo el personal administrativo y a los coordinadores de carrera de la FISEI dado que fueron los principales involucrados en este tema.
- Recopilación de la información
La encuesta con interrogantes técnicos referentes al actual sistema de iluminación y sobre un nuevo sistema de iluminación estuvo dirigida a las secretarías, coordinadores de carrera, decano y sub decano de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

La observación pasó a ser una parte muy importante, en la apreciación directa con la realidad; la cual permitió confortar a través de hechos y acciones la transparencia y originalidad de la investigación.

3.6 Procesamiento de la Información

Luego de aplicada la técnica de investigación, la encuesta, se analizó y se realizó una revisión crítica filtrando así la información, la misma que ayudó a plantear estrategias y solucionar el problema a través de la propuesta.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Situación actual del sistema de iluminación del edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.



Figura 4.1: Edificio Administrativo

Fuente: El investigador

El edificio administrativo de la facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial opera actualmente en el Campus Huachi de la Universidad Técnica de Ambato y tiene tres pisos con diferentes requerimientos de iluminación. Por ejemplo, en la planta baja se tiene la Secretaria de Carrera, Asesoría Estudiantil, Secretaria Académica, la Oficina y Secretaria de Post Grado, en la segunda planta alta se encuentra las Oficinas de Administración de Bienes, Subdecanato, H. Consejo Académico, Coordinación de Carreras, Archivo, Secretaria de Subdecanato; en la tercera planta alta se encuentra las Oficinas de Decanato, H. Consejo Directivo, Secretaria de Decanato, Secretaria General.

Una de las facultades que conforman la Universidad Técnica de Ambato, es la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Allí se han presentado cambios significativos de infraestructura en los últimos años. Esta situación trae consigo, el crecimiento de la carga eléctrica instalada y en consecuencia, el aumento del costo por consumo energético, por lo que se prevé que este rubro influya de manera significativa en la estructura de costos destinados para la facultad.

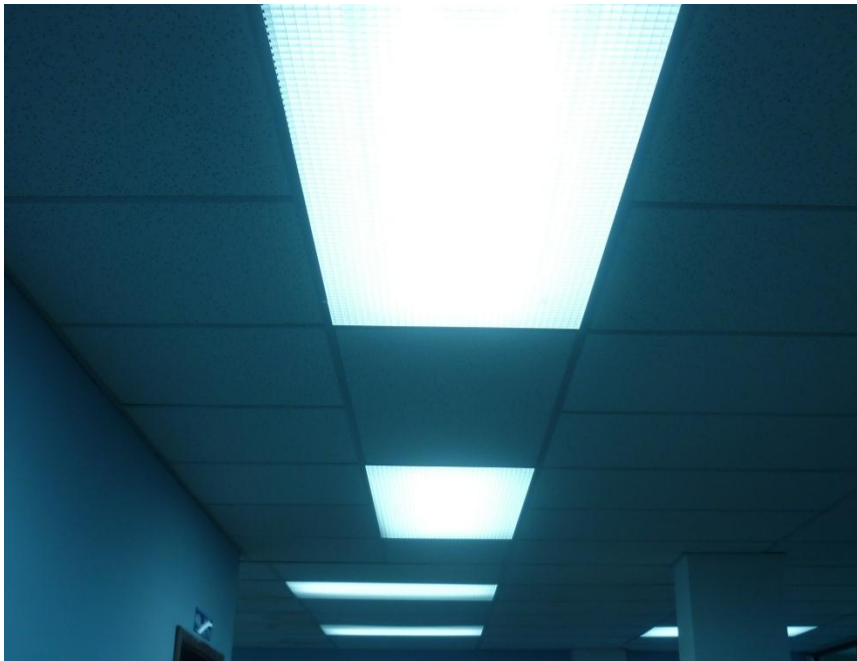


Figura 4.2: Luminarias utilizadas en el edificio
Fuente: El investigador

4.1.1 Detalle de las luminarias actuales

Los tipos de luminarias usadas son de marca OSRAM, las luminarias de 18 y 32 watts (ver figura 4.2) obedecen al estándar T8. El detalle de las características de las luminarias se muestra en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Características de las luminarias actuales

Descripción Comercial	Pot. (W)	Base	Flujo lumin. (lm)	Eficacia lumin. (lm/W)	Índice reprod. de color (IRC)	Diam. (mm)	Largo (mm)	Tipo
OSRAM L 18W/827	18	G13	1050	75	79	26.0	1200.0	Daylight
OSRAM FO 32W/765	32	G13	3350	80	89	26.0	1200.0	Daylight

Elaborado por: El investigador

4.1.2 Inventario de la Iluminación

El Inventario de la iluminación se divide en tres grupos: planta baja, segundo piso, tercer piso.

Todo el edificio utiliza lámparas fluorescentes tubulares de 18 y 32 watts; además, la instalación de las lámparas son de dos en dos.

En la planta baja se utiliza un total de 12 lámparas de 32 watts y 52 lámparas de 18 watts distribuidas de la siguiente manera: 4 lámparas para la oficina de postgrado, 8 lámparas para la oficina de secretaria de carrera, 6 lámparas en el ágora, 2 lámparas en el hall, 6 lámparas en la entrada, 8 lámparas en la oficina de archivo, 2 lámparas en la entrada del archivo, 2 lámparas en la oficina de información, 2 lámparas en el inicio de las escaleras y 12 lámparas de 36 watts en la oficina de asesoría estudiantil, en la tabla 4.2 se explica el control de iluminación de la planta baja.

Tabla 4.2: Control de iluminación actual de la Planta Baja

		Luminarias tipo X (2 X 18W)	Luminarias tipo Y (2 X 32W)	Ubicación
Planta Baja	Inter. 1	3	-	Entrada
	Inter. 2	1	-	Hall
	Inter. 3	1	-	Inicio de gradas
	Inter. 4	2	-	Post-gradados
	Inter. 5	3	-	Ágora
	Inter. 6	2	-	Secretaria de Carrera
	Inter. 7	2	-	
	Inter. 8	1	-	Entrada Archivo
	Inter. 9	1	-	Información
	Inter. 10	3	-	Archivo
	Inter. 11	1	-	Archivo 1
	Inter. 12	-	6	Asesoría Estudiantil
	Inter. 13	6	-	Sala de Profesores

Elaborado por: El investigador

El segundo piso utiliza un total de 36 lámparas de 30 watts y 12 lámparas de 32 watts, distribuidas de la siguiente manera: 2 lámparas para archivo, 2 lámparas entrada a archivo, 24 lámparas distribuidas en el área de secretaria de subdecanato y coordinación de carreras y pasillo, 4 lámparas en la sala de reuniones de H.

Consejo Académico, 4 lámparas en la oficina de subdecanato, 12 lámparas de 32 watts en la oficina de administración de bienes. En la tabla 4.3 se observa el control de las luminarias en el segundo piso. En esta planta es importante implementar la regulación bajo demanda debido a que una de las paredes es, una ventana muy grande y por ella ingresa la luz del ambiente de manera distinta a lo largo del día,

Tabla4.3: Control de iluminación actual del Segundo Piso

		Luminarias tipo X (2 X 18W)	Luminarias tipo Y (2 X 32W)	Ubicación
Segundo Piso	Inter. 1	1	-	Entrada Adm. Bienes
	Inter. 2	3	-	Pasillo y Secretaria Subdecanato
	Inter. 3	2	-	Coordinador Industrial y Electrónica
	Inter. 4	2	-	Pasillo
	Inter. 5	3	-	Coordinación Sistemas
	Inter. 6	1	-	Gradas
	Inter. 7	1	-	Entrada al Archivo
	Inter. 8	1	-	Archivo
	Inter.9	2	-	H. consejo Académico
	Inter.10	2	-	Subdecanato
	Inter.11	-	2	Administración de Bienes
	Inter.12	-	4	

Elaborado por: El investigador

El tercer piso utiliza un total de 36 lámparas de 30 watts, distribuidas de la siguiente manera: 2 lámparas para archivo, 2 lámparas en la entrada de archivo y baño, 24 lámparas distribuidas en el área de secretaría general, secretaría de decanato, escaleras y pasillo, 4 lámparas en la sala de reunión de H. Consejo Directivo, 4 lámparas en la oficina de decanato, en la tabla 4.4 se visualiza el control de las luminarias del tercer piso. Al igual que en la planta anterior es muy importante implementar la regulación bajo demanda debido a que tiene igual infraestructura que la segunda planta

Tabla 4.4: Control de iluminación actual del Tercer Piso

		Luminarias tipo X (2 X 18W)	Luminarias tipo Y (2 X 32W)	Ubicación
Tercer Piso	Inter. 1	2	-	Gradas
	Inter. 2	2	-	Pasillo
	Inter. 3	2	-	Secretaria General
	Inter. 4	3	-	Secretaria de posgrados
	Inter. 5	3	-	Pasillo
	Inter. 6	1	-	Entrada al archivo
	Inter. 7	1	-	Archivo
	Inter. 8	2	-	H. Consejo Directivo
	Inter. 9	2	-	Decanato

Elaborado por: El investigador

En la tabla 4.5 se presentan el número total de luminarias utilizadas en el edificio administrativo de la Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

Tabla 4.5: Luminarias actuales

Luminarias	Cantidad
Luminarias tipo X (2 X 18W)	62
Luminarias tipo Y (2 X 32W)	12

Elaborado por: El investigador

Cálculo de la potencia e iluminación en cada una de las oficinas

de luminarias x potencia de luminaria = cantidad de potencia (1)

de luminarias x flujo luminoso = cantidad de iluminación (2)

Planta Baja

ASESORIA ESTUDIANTIL = $39.72m^2$

Para el cálculo de la cantidad de potencia actual en la oficina de asesoría estudiantil, se contó el número de luminarias en este caso las luminarias son 6, tomando en cuenta que cada luminaria consta de dos lámparas fluorescentes, se tomó el valor de cada lámpara siendo este de 32 watts

$$6 \times (2 \times 32)watts = 348 \text{ watts}$$

Para el cálculo de la cantidad de iluminación solo varía el dato de la potencia en la formula anterior, por el valor del flujo luminoso, misma característica que da el fabricante (ver tabla 4.1)

$$6 \times (2 \times 3350)lum = 40200 lum$$

Aplicadas las fórmulas 1 y 2 para todas las dependencias del edificio se procede a realizar en la tabla 4.6 un resumen de la potencia y cantidad de iluminación en las diferentes oficinas del edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial:

Tabla 4.6: Potencia e iluminación de cada oficina

Lugar	Potencia (W)	Iluminación (lum)
ASESORIA ESTUDIANTIL	348	40200
ARCHIVO1	36	2100
ARCHIVO2	108	6300
SECRETARIA DE CARRERA	144	8400
INFORMACION	36	2100
SECRETARIA DE POSTGRADO	72	4200
SALA DE PROFESORES	324	2100
ARCHIVO	32	2100
H. CONSEJO ACADEMICO	72	4200
SUBDECANATO	72	4200
ADMINISTRACION DE BIENES	348	40200
SECRETARIA. SUBDECANATO Y CORDINADORES DE CARRERA	432	25200
ARCHIVO	36	2100
H. CONSEJO DIRECTIVO	72	4200
DECANATO	72	4200
SECRETARIA. DECANATO Y GENERAL	432	25200

Elaborado por: El investigador

La encuesta fue dirigida al personal administrativo y los coordinadores de carrera de la Facultad, con el propósito de recopilar información necesaria para elaborar el proyecto Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado para el ahorro de energía eléctrica en el Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.- ¿Se ha olvidado en su lugar de trabajo la luz encendida?

Tabla 4.7: Luz encendida

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Si	9	48%
No	5	26%
A veces	5	26%
Total	19	100%

Elaborado por: El investigador

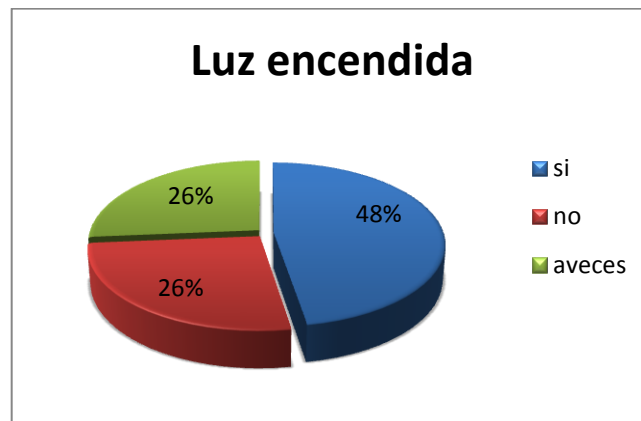


Figura 4.3: Luz encendida
Elaborado por: El investigador

Interpretación

Del total de los trabajadores de edificio de la Facultad, el 48% se ha olvidado, el 26% no y el otro 26% a veces se ha olvidado la luz encendida en su lugar de trabajo, con lo que podemos decir que por ese motivo es el pago excesivo del servicio eléctrico.

2.- ¿Cree que hace un buen uso de la energía eléctrica?

Tabla 4.8: Uso de la energía eléctrica

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Siempre	2	10%
Casi siempre	11	58%
Algunas veces	6	32%
Total	19	100%

Elaborado por: El Investigador

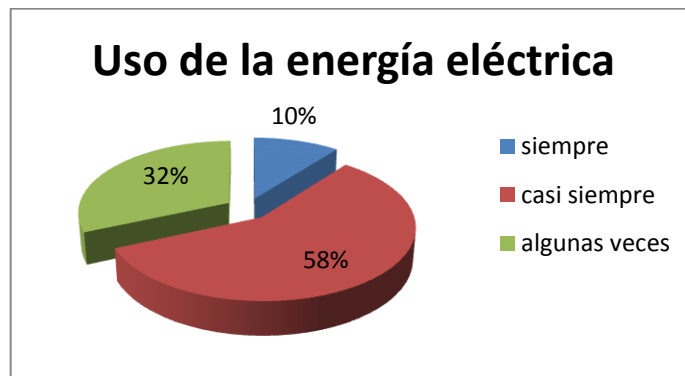


Figura4.4: Uso de la energía eléctrica

Elaborado por: El investigador

Interpretación

De todos los coordinadores de carrera y el personal administrativo del edificio de la Facultad, el 58% casi siempre, el 32% algunas veces y el otro 10% siempre hacen un buen uso de la energía eléctrica, por lo que podemos deducir que el personal que trabaja en el edificio tiene un concepto de un buen uso de la energía eléctrica.

3.- ¿Cree usted que el sistema de iluminación artificial es el adecuado para el desarrollo de sus actividades?

Tabla 4.9: Sistema de iluminación adecuado

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Si	11	58%
No	8	42%
Total	19	100%

Elaborado por: El investigador

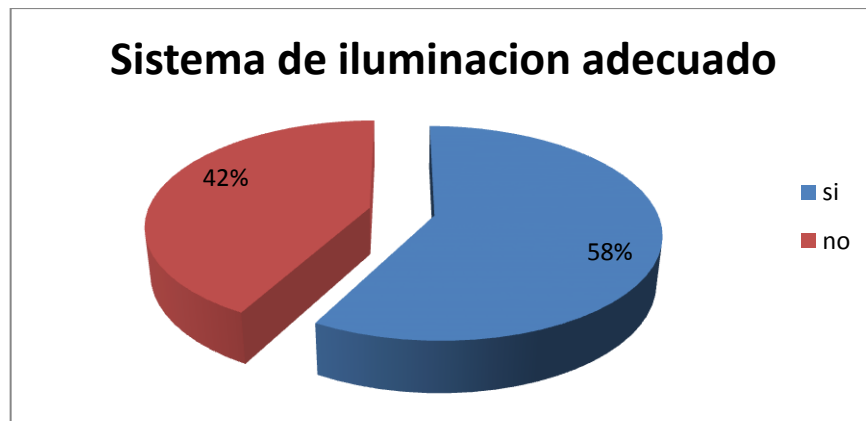


Figura 4.5: Sistema de iluminación adecuado

Elaborado por: El investigador

Interpretación

Un 58 % de todos los encuestados, califican al sistema de iluminación como no adecuado para realizar sus actividades de trabajo y un 42% de estos, si pueden realizar las actividades con el sistema de iluminación actual, podemos acotar que el diseño se adecue a las actividades que el personal del edificio realiza.

4.- ¿Siente un confort visual en su espacio de trabajo?

Tabla 4.10: Confort visual

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Si	5	26%
No	14	74%
Total	19	100%

Elaborado por: El investigador

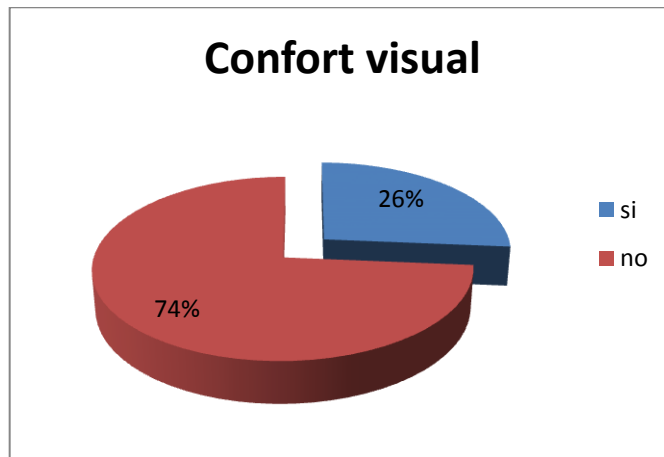


Figura 4.6: Confort visual
Elaborado por: El investigador

Interpretación

Como se puede observar, un 74% del personal que trabaja en este edificio no sienten un confort visual en su espacio de trabajo, mientras que el 26% dice lo contrario, con lo cual se tendría que analizar las causas por las cuales no existe confort visual en su lugar de trabajo.

5.- ¿Las actividades que usted realiza necesitan de una buena iluminación?

Tabla 4.11: Buena iluminación

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Si	18	95%
No	0	0%
A veces	1	5%
Total	19	100%

Elaborado por: El investigador

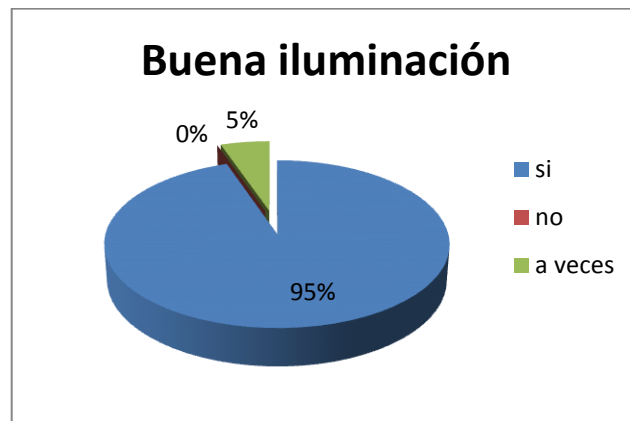


Figura 4.7: Buena iluminación
Elaborado por: El investigador

Interpretación

De todo el personal administrativo del edificio de la Facultad, el 95% necesitan de una buena iluminación para realizar sus actividades, mientras que el 5% restante no necesita, con esto se deduce que la iluminación es uno de los factores principales para el desarrollo de las actividades de los empleados.

6.- ¿Las lámparas fluorescentes quemadas son cambiadas de forma inmediata en su puesto de trabajo?

Tabla 4.12: Cambio de luminarias

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Si	5	26%
No	8	42%
A veces	6	32%
Total	19	100%

Elaborado por: El investigador

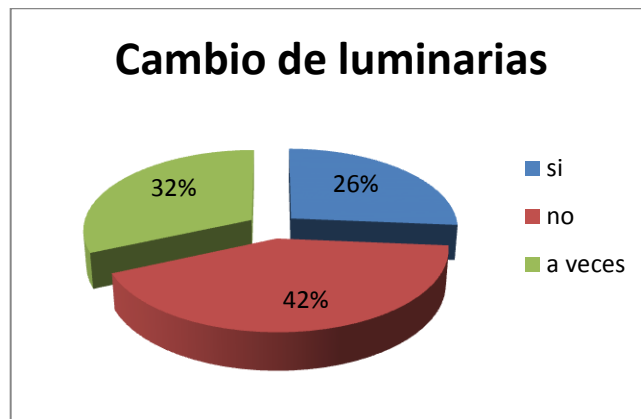


Figura 4.8: Cambio de luminarias

Elaborado por: El investigador

Interpretación

Existe un problema en el cambio de las fluorescentes quemadas ya que no existe un cambio inmediato, es por eso que el 42% responde que no se realiza el cambio inmediato, el 32% a veces y el 26% dice que si, con esto se debe depurar el sistema de cambio de luminarias inmediato, ya que de no existir una iluminación correcta el desempeño de las actividades de los empleados no serán óptimas.

7.- ¿Cree que el ahorro de energía ayuda a mejorar el medio ambiente y la economía?

Tabla 4.13: Ahorro de energía

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Si	19	100%
No	0	0%
A veces	0	0%
Total	19	100%

Elaborado por: El investigador

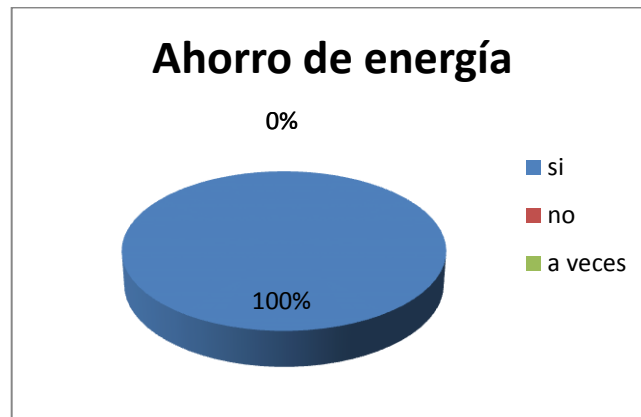


Figura 4.9: Ahorro de energía

Elaborado por: El investigador

Interpretación

El 100% de los encuestados están seguros de que un ahorro de energía ayuda a mejorar el medio ambiente y más en la economía, con esto se debe pensar que se debe colaborar con un granito de arena, desde nosotros mismo y la Facultad como ejemplo para las demás Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

8.- ¿Aprovecha al máximo la iluminación natural?

Tabla 4.14: Iluminación natural

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Siempre	5	26%
A veces	13	69%
Nunca	1	5%
Total	19	100%

Elaborado por: El investigador

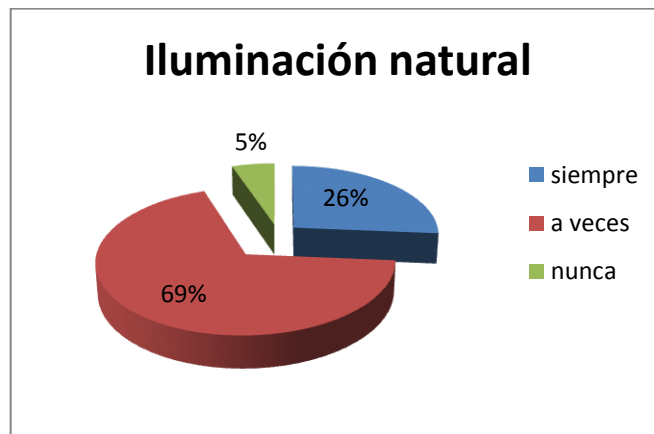


Figura 4.10: Iluminación natural

Elaborado por: El investigador

Interpretación

Del 100% de los encuestados, un 69 % manifiesta que a veces aprovecha al máximo la iluminación natural, un 26% considera que siempre, mientras que un 5% considera que nunca, esto se debe a que no se tiene una buena práctica en ahorro de energía eléctrica.

9.- ¿Apaga la pantalla del computador si no la está utilizando?

Tabla 4.15: Monitores apagados

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Si	4	21%
No	12	63%
A veces	3	16%
Total	19	100%

Elaborado por: El investigador

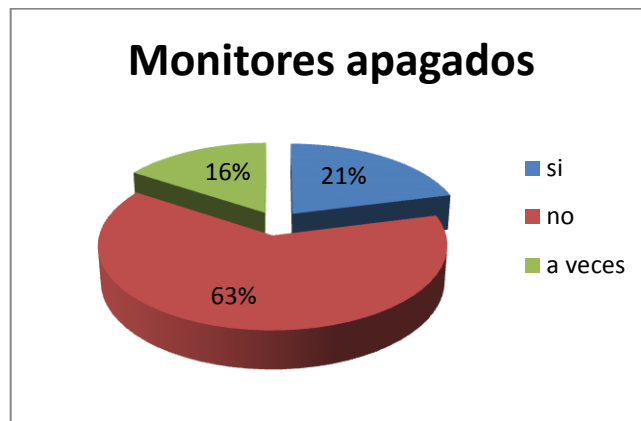


Figura 4.11: Monitores apagados

Elaborado por: El investigador

Interpretación

El gráfico nos muestra claramente que un 63% del personal que labora en el edificio no apaga las pantallas del computador si no las utiliza, un 21% si lo realiza mientras que un 16% a veces, esto se debe a que por realizar otras actividades fuera de su lugar de trabajo existe un olvido.

10.- ¿Suele aconsejar a amigos y conocidos con trucos para ahorrar energía?

Tabla 4.16: Trucos de ahorro de energía

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Si	1	5%
No	14	74%
A veces	4	21%
Total	19	100%

Elaborado por: El investigador

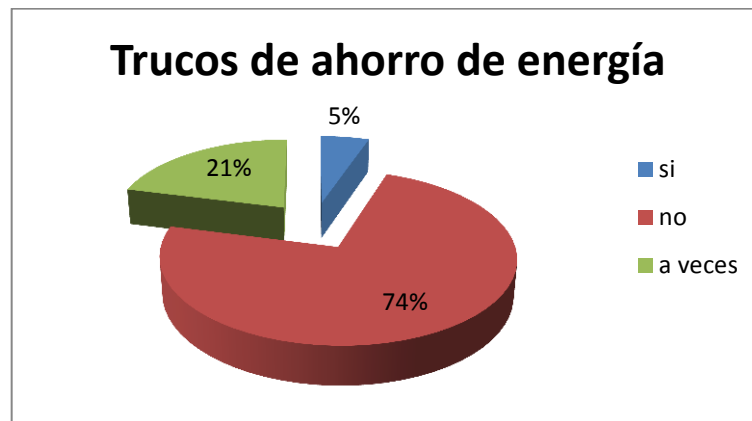


Figura 4.12: Trucos de ahorro de energía

Elaborado por: El investigador

Interpretación

El 74% de los encuestados desconoce de los trucos para ahorro de energía, mientras que el 21% conoce de estos pero solo a veces lo comenta, y el 5% restante conoce y comenta dichos trucos, esto se debe a que el gobierno no tiene una política clara en lo que es difusión en medios de comunicación sobre el ahorro de energía eléctrica.

11.- ¿Existen detectores de movimiento o contadores foto-ópticos para encender y apagar las luces en su lugar de trabajo?

Tabla 4.17: Detectores de movimiento

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Si	0	0%
No	19	100%
A veces	0	0%
Total	19	100%

Elaborado por: El investigador

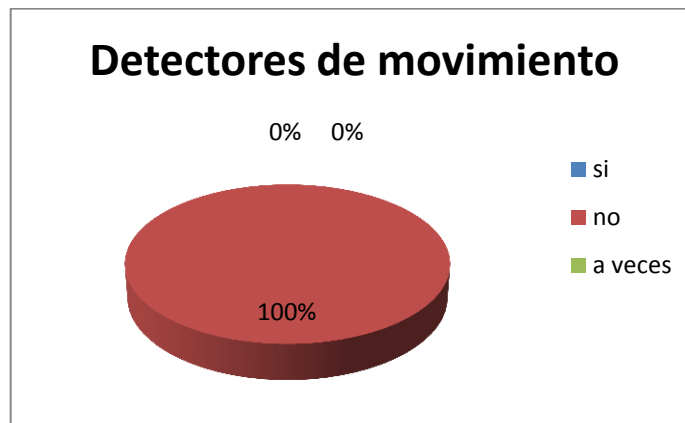


Figura 4.13: Detectores de movimiento

Elaborado por: El investigador

Interpretación

El 100% de los encuestados respondió que no se poseen detectores de movimiento o contadores foto-ópticos para encender y apagar las luminarias, con esto se da cuenta que, siendo la Facultad una de las mejores de la Universidad debe tener tecnología actual.

12.- ¿Enciende las luces innecesariamente durante el día?

Tabla 4.18: Luces encendidas en el día

Alternativas	Resultado	Porcentaje
Siempre	3	16%
A veces	13	68%
Nunca	3	16%
Total	19	100%

Elaborado por: El investigador

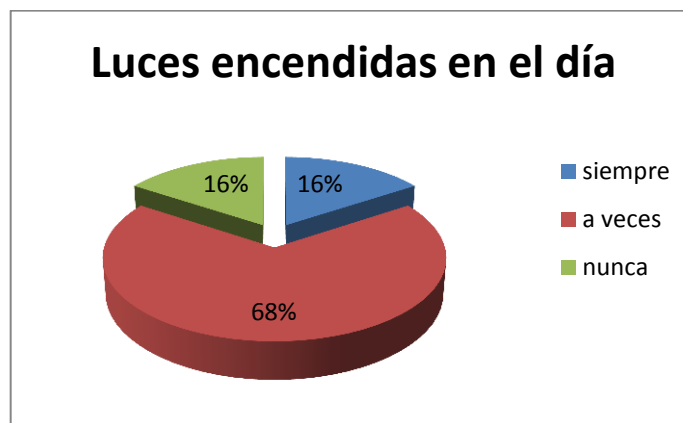


Figura 4.14: Luces encendidas en el día

Elaborado por: El investigador

Interpretación

Un 68% de los empleados encienden las luces durante el día dependiendo de la cantidad de luz que ingresa al lugar de trabajo, con esto se deduce que se requiere regular la cantidad de iluminación necesaria para cada una de las actividades que realizan en el edificio cada uno de los empleados.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.Conclusiones

- Al realizar la encuesta la mayoría de personas se han olvidado la luz encendida en su lugar de trabajo y el monitor del computador prendido si no lo está utilizando, por lo que se puede concluir que existe un desperdicio de energía eléctrica en el edificio administrativo de la Facultad.
- El 100% de las personas que trabajan en el edificio están seguras de que el ahorro de energía eléctrica ayuda a conservar el medio ambiente y además de que ayuda en la parte económica porque se reducen los gastos.
- De los datos obtenidos el 100% de los encuestados expresa que no se ha implementado un sistema de control de iluminación con sensores de presencia, por lo que se concluye que es necesario implementar las edificaciones con controles automáticos de iluminación

5.2.Recomendaciones

- Debido a que la mayoría de personas, se han olvidado la luz y los monitores encendidos si no los está utilizando, se recomienda informar a los usuarios, de los beneficios que tiene el apagar la iluminación y las pantallas de los monitores, para que exista un complemento y poder aprovechar al máximo el ahorro de energía eléctrica.
- Tomando en cuenta que todo el personal administrativo están seguras de que el ahorro de energía eléctrica ayuda a conservar el medio ambiente se recomienda realizar charlas para poner en práctica métodos fáciles y rápidos que se pueden hacer para el ahorro de energía eléctrica tanto en su lugar de trabajo como en su propia casa.
- En vista de la inexistencia de controles de iluminación mediante sensores de presencia se recomienda realizar un rediseño de iluminación basado en especificaciones técnicas, realizando una visita técnica de las instalaciones, así como también tratando de satisfacer las necesidades del personal administrativo.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos Informativos

Tema: Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado para el ahorro de energía eléctrica en el edificio administrativo de la facultad de ingeniería en sistemas electrónica e industrial.

Ubicación:

- **Provincia:** Tungurahua
- **Cantón:** Ambato
- **Parroquia:** Huachi Chico
- **Lugar:** Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi – Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.
- **Tutor:** Ing. M.Sc. Julio Cuji.
- **Autor:** Esteban Romo B

6.2 Antecedentes de la Propuesta

El concepto de realizar un diseño de un sistema inalámbrico de iluminación automatizado en el edificio de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, inicia en primer lugar de la cultura que existe en las personas de ahorro de energía eléctrica. Es por eso que se ha decidido realizarlo en el edificio administrativo, ya que si no se posee una iluminación adecuada, afecta la manera en que el ser humano realiza una tarea o se desenvuelve en un ambiente luminoso.

En este sentido, la iluminación puede actuar como un factor positivo, favoreciendo el desempeño de las personas, o puede influir negativamente sobre la respuesta de las mismas, lo que, a su vez, y dependiendo del contexto puede afectar la productividad.

6.3 Justificación

Gracias a la tecnología desarrollada la necesidad de tener en los edificios un sistema de iluminación automatizado, fue una de las razones más importantes para la realización del diseño del sistema de iluminación.

Los niveles de iluminación requeridas para la ejecución de diversos trabajos dentro de una oficina requiere de un mantenimiento adecuado con el fin de mejorar la calidad de iluminación en cada uno de los puestos de trabajo de los empleados y con eso reducir el consumo energético.

La escasez de ahorro de energía eléctrica en las universidades es un problema general, el cual con un sistema automatizado de iluminación, se ayudará a las universidades a reducir el rubro destinado para el servicio eléctrico y se predestinaría mayor inversión en infraestructura.

La satisfacción del personal que labora en el edificio, será al momento de ofrecerles una buena iluminación para que desempeñen mejor sus actividades o tareas en su oficina.

6.4 Objetivos

6.4.1 Objetivo General

Diseñar un Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado para el ahorro de Energía Eléctrica en el Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

6.4.2 Objetivos Específicos:

- Realizar un estudio adecuado de iluminación que requieren las diferentes dependencias de la facultad
- Analizar el tipo de luminaria que se adapte de mejor manera al sistema de iluminación.

- Rediseñar el sistema de iluminación en el Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial a través de un Sistema Inalámbrico de Iluminación Automatizado.

6.5 Análisis de la Factibilidad

6.5.1 Factibilidad Operativa

La propuesta desde el punto de vista operativo, es factible ya que la facultad tiene la infraestructura y red eléctrica en buenas condiciones, y para la adecuación de los nuevos equipos no es necesario incurrir en grandes gastos.

6.5.2 Factibilidad Técnica

La propuesta es factible porque las luminarias y demás equipos que se requieren se encuentran en el mercado por medio de empresas distribuidoras, el costo de los mismos no son altos y pueden ser adquiridos.

6.5.3 Factibilidad Económica

La propuesta desde el punto de vista económico es factible, ya que la universidad destina recursos financieros a cada una de las facultades, tanto para materiales de construcción con la partida presupuestaria número 530811, para repuestos y accesorios la partida 530813, estas dos se encuentran dentro de un grupo que se denomina Actividades Centrales.

6.6 Metodología

Después de haber identificado el problema, causas y efectos, se procede a desarrollar la fundamentación del mismo, para dar la respectiva solución para lo cual seguimos los pasos descritos en el siguiente diagrama (ver figura 6.1)

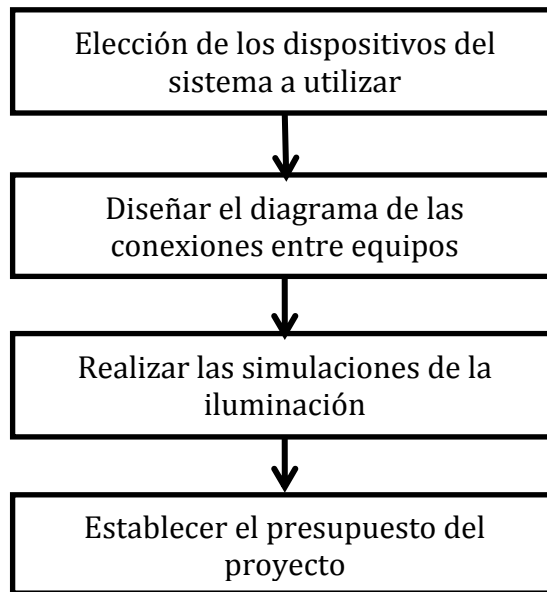


Figura 6.1: Metodología
Elaborado por: El investigador

6.7 Fundamentación

6.7.1 Descripción del Diseño

En la actualidad las edificaciones actuales han tenido un cambio respecto a las convencionales.

Es por eso que, la tecnología trata de cubrir las necesidades de los clientes, ya que estas cada día son más exigentes y sus demandas van destinadas a:

- Confort
- Comunicación
- Reducción de coste energético

Por esta razón se presenta una solución sustentada bajo un estudio que permite una descripción detallada de esta propuesta que se obtiene al aplicar sistemas de iluminación automatizados.

6.7.2. Análisis de los equipos de iluminación

De entre los más de 10 fabricantes conocidos que existen en todo el mercado mundial se han escogido una específica que se va a usar en este proyecto. Cabe

recalcar que en nuestro país no existen muchas empresas que puedan ofrecer productos por lo que ya sea el caso se necesitará proveedores extranjeros. Los criterios de elección se basan en las características técnicas, precio y uso actual de los elementos.

6.7.2.1 Elección del fabricante

Tanto Philips como Sylvania son reconocidas marcas de prestigio a nivel mundial, con esto no se quiere decir que todos los productos que lanzan al mercado son elementos de la alta calidad. Puesto que en las características técnicas y en la calidad son muy similares, la decisión que se tome vendrá dada por la gama de productos, por la claridad de sus especificaciones técnicas, y ante todo por el uso actual en las diferentes instalaciones que se tiene para los sistemas de iluminación que existen hoy en día.

Philips ha hecho una de las mayores apuestas por las más modernas tecnologías al desarrollar todo tipo de dispositivos electrónicos para regulación de iluminación y control por mando a distancia, es así que en estos últimos años ha habido un aumento de presencia de estos productos en el mercado nacional, es por ello por lo que en su mayoría usaremos los productos Philip.

Existen otros fabricantes reconocidos en el tema de iluminación como Osram, Toshiba, Martini, Ares, etc., la utilización de estas marcas depende de nuestras necesidades que se presentan en el diseño más adelante.

6.7.2.2 Descripción de los dispositivos del sistema

A continuación es procedente nombrar varios de los productos que serían aptos para el sistema de iluminación, cabe recalcar que las especificaciones técnicas se encuentran detalladas en los **Anexos 2, 3, 6 y 7**.

Luminaria SmartForm Modular

Esta luminaria de la marca Philips (fig.6.2) es un fiel reflejo del afán de Philips por la sencillez, SmartForm es una familia de luminarias modulares de gran versatilidad para el montaje empotrado (Ver anexo 2). Disponibles en versiones

cuadradas y rectangulares para lámparas MASTER TL5 y TL5 ECO, las luminarias SmartForm están diseñadas para adaptarse a una amplia gama de tipos de techo de modulación estándar (cuadrículas modulares de 600 mm y de 1200 mm).

Además de incorporar las lámparas MASTER TL5 o TL5 ECO de bajo consumo y balasto electrónico, la familia SmartForm de luminarias empotrables también puede equiparse con controles de iluminación para la detección de presencia y la regulación en función de la luz natural (ActiLume) y para la regulación en función de la luz natural exclusivamente (Luxsense), lo que reduce aún más el coste total de propiedad.

De esta manera, esta gama de luminarias Bandera Verde también reduce el consumo energético $-W/m^2$ muy bajo– y la producción de CO₂. Las luminarias SmartForm TBS460 tipo "haces de luz" tienen una altura de apenas 45 mm, lo que las hace idóneas para aplicaciones que exigen unas luminarias ultra planas, por ejemplo en proyectos de remodelaciones con espacios de techos muy limitados.



Figura 6.2: Luminaria SmartForm TBS 460

Fuente:http://download.p4c.philips.com/14bt/3/323094/smartform_tbs460_323094_ffs_esp.pdf

Balasto Inteligente Touch DALI for TL5 (ECO)/TL-D

El Balasto regulador electrónico de alta frecuencia inteligente (ver figura 6.3), que utiliza los protocolos DALI (Interfaz de iluminación direccionable digitalmente conforme a IEC62386) o Touch and Dim de botón para lámparas fluorescentes.

Se adelanta a la nueva legislación cumpliendo los requisitos de AIBAT. Con un comando especial, se puede recuperar el consumo de energía de la red del sistema.

Otro comando permite consultar qué cantidad de vatios en las lámparas están conectados.



Figura 6.3: Balasto Inteligente Touch DALI

Fuente: http://download.p4c.philips.com/14b/9/913700670966_eu/913700670966_eu_pss_esp.pdf

Controlador ActiLume

El controlador del sistema Philips ActiLume. (fig. 6.4) El sistema ActiLume es un sistema de control “plug & play”, basado en DALI, que satisface las necesidades básicas en oficinas con opciones de ahorro máximo de energía mediante el aprovechamiento de la luz natural y la detección de presencia

Se utiliza en un concepto de luminaria maestra-esclava, y resulta fácil de usar e instalar, existen textos de aplicaciones específicas disponibles que le ayudan a especificar y aplicar el sistema de manera óptima, el servicio es opcional para modos de aplicación en distintos tipos de oficinas.

Con este método, es posible cambiar las funciones sin que ello afecte a la instalación eléctrica.



Figura 6.4: LCC1653/01 Control ActiLume

Fuente: http://www.ecat.lighting.philips.es/sistemas-de-control-de-alumbrado/control-integrado-en-luminaria-de-interior/ActiLume-dali/913700613772_eu/

Sensor ActiLume

El sensor ActiLume (fig. 6.5) tiene 4 dispositivos funcionales instalados en una vivienda con un cable de conexión por cable al controlador (ver anexo 3).

Los dispositivos funcionales son:

- Detector de movimiento (PIR)
- Detector de luz
- Receptor de infrarrojos
- Botón de servicio

El sistema ActiLume es típico para ambientes internos (oficinas, hogares, etc.) en lugares calurosos o ventilados. ActiLume no tiene protección contra productos químicos agresivos o agua. El sensor se monta normalmente dentro de una luminaria y está optimizado para una altura de techo de 2,5 a 3 metros. La altura de montaje puede alcanzar hasta 3,5 metros y su sensibilidad en el sensor de movimiento como en el sensor de luz no varía.



Figura 6.5: Sensor ActiLume LRI 1653/00

Fuente: Guia_ActiLume_Philips.pdf

Control Remoto IRT 8010

El IRT 8010/00 ver fig. 6.6 es un transmisor portátil adecuado con dos botones, para el control remoto por infrarrojos de instalaciones de iluminación en aplicaciones de apuntar y disparar.

El IRT 8010/00 se puede utilizar para cambiar y / o atenuar hacia arriba / abajo un solo circuito de control de iluminación.

La unidad contiene un sistema integrado llamado "modo de aprendizaje", que puede ser utilizado para programar el grupo infrarrojo A-G y el canal "1" con las direcciones de los controladores individuales.

El IRT 8010/00 puede ser también utilizado con WireMaster y LightMaster cuando el interruptor rotativo en el compartimiento de la batería está en la posición 8.



Figura 6.6: Control Remoto IRT 8010
Fuente: Guia_ActiLume_Philips.pdf

Control de pared Infrarrojo IRT 8050

El Control de pared infrarrojo es un transmisor multipropósito adecuado con dos botones para el control remoto por infrarrojos de instalaciones de iluminación y otros equipos de construcción relacionados ver fig. 6.7.

Las dos teclas de gran tamaño pueden tener 27 conjuntos de diferentes (combinaciones) de funciones de control y 5 funciones de programación (por modo de funcionamiento).

La unidad es adecuada para el montaje de pared y mesa de operación. La radiación infrarroja patrón, ha sido optimizada para el montaje en pared de operación.

Duración de la batería en tiempo (con Philips Baterías de energía de Vida – 1050) se ha calculado en más de 5 años durante un promedio de 50 normales clave de operaciones por día.



Figura 6.7: Control de pared Infrarrojo IRT 8050
Fuente: Guia_ActiLume_Philips.pdf

6.7.3 Diseño del proyecto

6.7.3.1 Estudio técnico para la distribución de las luminarias

El diseño del sistema de iluminación para el edificio debe considerar los diferentes factores que se encargan de brindar el confort y ahorro energético. El método a emplearse se denomina: Método del watts por metro cuadrado, que se detalla a continuación calculando con parámetros de acuerdo al edificio.

Cálculo de la iluminación en las diferentes oficinas por el método “Watts por pie cuadrado (o metro cuadrado)”

Para el diseño del sistema de iluminación, debemos estar seguros de que se tiene el monto adecuado de luz. ¿Cuántas luminarias?, ¿Cuántos watts?, ¿Qué tipo de lámpara?

Este método funciona muy bien aplicando las siguientes reglas:

- Que sea para espacios relativamente normales con techos blancos y paredes claras o de tonos ligeros, y un razonable número de ventanas
- Evitar diseños especiales o ingeniosos que dificulten la iluminación.

$$Pt = A \times W$$

Donde:

A= Área a luminar

W= watts de iluminación (determinado en la tabla)

Pt= Potencia total

Figura 6.8: Calculo de watts por metro cuadrado

Elaborado por: Investigador

Este método es muy útil para muchos tipos de espacio. Simplemente se multiplica el área de la habitación (*en pies cuadrados*) por watts por pie cuadrado, o bien, watts por metro cuadrado dependiendo de la unidad que se utiliza en el área ver figura 6.8. Para ello utilizaremos los datos de la tabla del anexo 5 la cual indica cuantos watts de iluminación, ya sea de luz fluorescente o halógeno, se necesita para alcanzar los niveles promedio de iluminación que se recomienda para las oficinas.

Es decir que para una oficina de un área de 11.14 m^2

$$11.14 \text{ m}^2 \times 12.92 \frac{\text{watts}}{\text{m}^2} = 143.938 \text{ watts}$$

Se requiere una potencia de 513.18 watts

Cálculo del número de lámparas requeridas

Para el cálculo del número de lámparas se aplica la fórmula de la figura 6.9

$$Lr = \frac{Pt}{Lp}$$

Donde:

Pt= Potencia total

Lp= Número de lámparas planteadas

Lr= Número de lámparas requeridas

Figura 6.9: Calculo del número de lámparas

Elaborado por: Investigador

Es decir que para la oficina de 11.14 m^2

$$\frac{143.9288 \text{ watts}}{2 \times 28 \text{ watts}} = 2.57 \text{ luminarias} \approx 4 \text{ lámparas}$$

Se requiere 2 luminarias, tomando en cuenta que la luminaria planteada está conformada por dos lámparas de 28 watts, es decir que en total se requieren 4 lámparas de 28 watts

Con estos dos cálculos hemos podido observar que para oficinas de dimensiones estándar es recomendable 2 puntos de iluminación para pasillos y bodegas que

tienen un área más extensa se aumentará un punto o más de iluminación de acuerdo al área de la oficina.

Cálculo del flujo luminoso

Para el cálculo del flujo luminoso en las oficinas se aplica la fórmula de la figura 6.10

$$Flt = NI \times Fl$$

Donde:

Flt= Flujo luminoso total

NI= Numero de luminarias

Fl= Flujo luminoso

Figura 6.10: Calculo del flujo luminoso

Elaborado por: Investigador

Realizando los cálculos con las formulas anteriores se presenta la tabla 6.1 con la comparación entre el valor de la iluminación actual y el de la propuesta.

Tabla 6.1: Niveles de iluminación en las oficinas

Lugar	Luminarias actuales	Iluminación actual (lum)	Luminarias propuesta	Iluminación propuesta (lum)
Planta baja				
ENTRADA	3	6300	3	8400
PASILLO ENTRADA	1	2100	1	2800
AGORA	3	6300	3	8400
ASESORIA ESTUDIANTIL	6	12600	9	25200
ARCHIVO1	1	2100	2	5600
ARCHIVO2	3	6300	6	16800
PASILLO	1	2100	1	2800
SECRETARIA DE CARRERA	4	8400	6	16800
INFORMACION	1	2100	2	5600
SECRETARIA DE POSTGRADO	2	4200	4	11200
ESCALERAS	1	2100	1	2800
SALA DE PROFESORES	6	12600	10	28000
Segundo piso				
ARCHIVO	1	2100	1	2800
ENTRADA DE ARCHIVO	1	2100	1	2800
H. CONSEJO ACADEMICO	2	4200	4	11200

SUBDECANATO	2	4200	4	11200
ADMINISTRACION DE BIENES	6	12600	8	22400
SECRETARIA. SUBDECANATO Y CORDINADORES DE CARRERA	12	25200	14	39200
Tercer piso				
ARCHIVO	1	2100	1	2800
ENTRADA DE ARCHIVO	1		1	
H. CONSEJO DIRECTIVO	2	4200	4	11200
DECANATO	2	4200	4	11200
ESCALERAS	2	4200	2	5600
SECRETARIA. DECANATO Y GENERAL	12	25200	14	39200

Elaborado por: El investigador

Ubicación de las Luminarias

Definir la ubicación más adecuada de las luminarias fue el aspecto más importante en el diseño del sistema de iluminación. Al ser los pisos de grandes dimensiones, la ubicación de las luminarias fue crucial para lograr una cobertura adecuada en las diferentes áreas del edificio.

A continuación se detalla las recomendaciones para lograr un resultado óptimo de iluminación en función del posicionamiento de las luminarias.

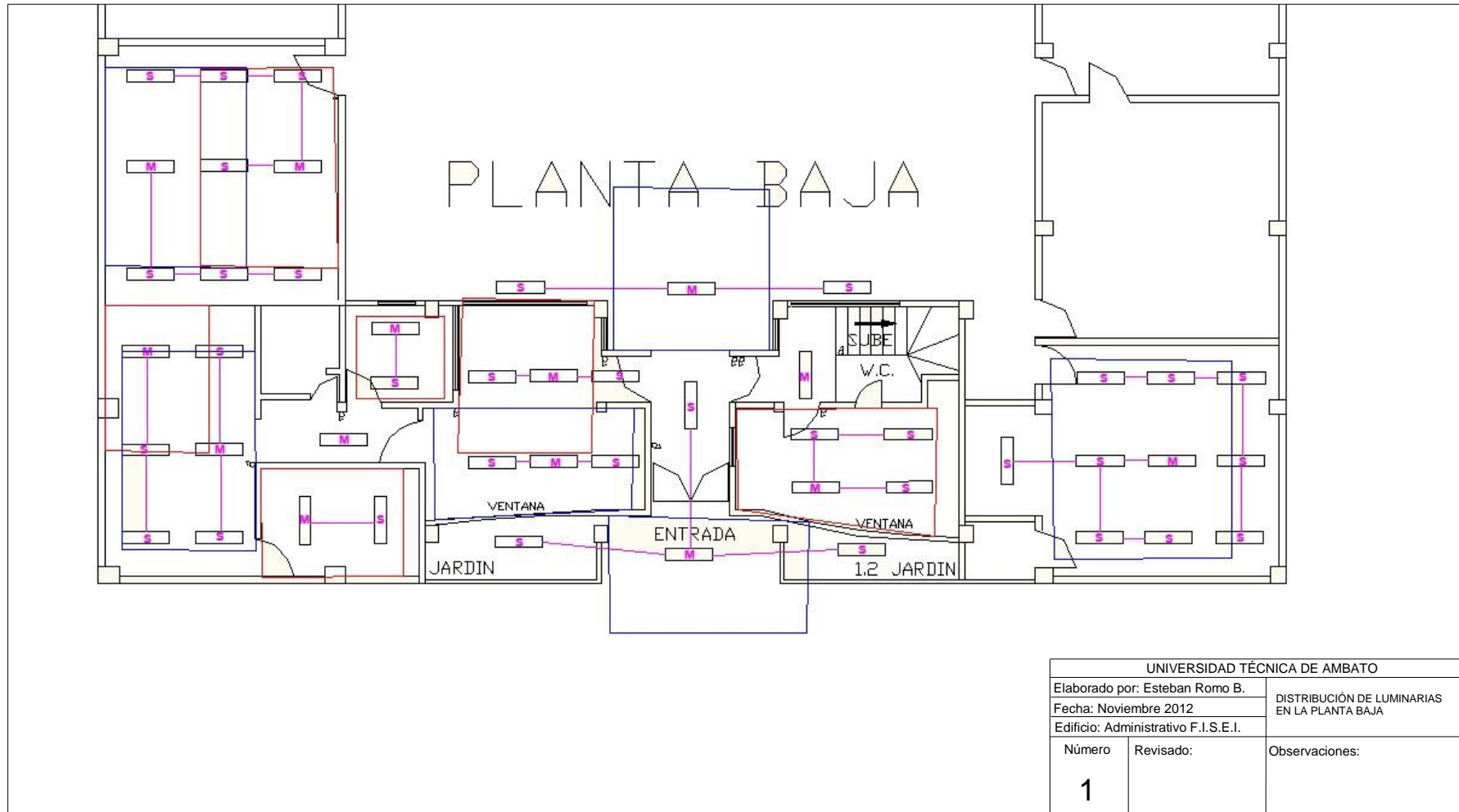
- Evitar el deslumbramiento directo desde la luminaria y reflejado en el papel, este efecto puede producir un malestar en la visión del trabajador.
- Disminuir lo máximo posible el reflejo de velo desde áreas de alta luminancia (ventanas, paredes muy iluminadas) sobre la pantalla del monitor.
- Controlar el deslumbramiento reflejado desde el teclado (iluminando a su vez por la luminaria) sobre la pantalla.

Teniendo en cuenta estas recomendaciones, se muestra la ubicación de las luminarias y de los sensores a fin de cubrir todos los sectores de las oficinas en los diferentes pisos.

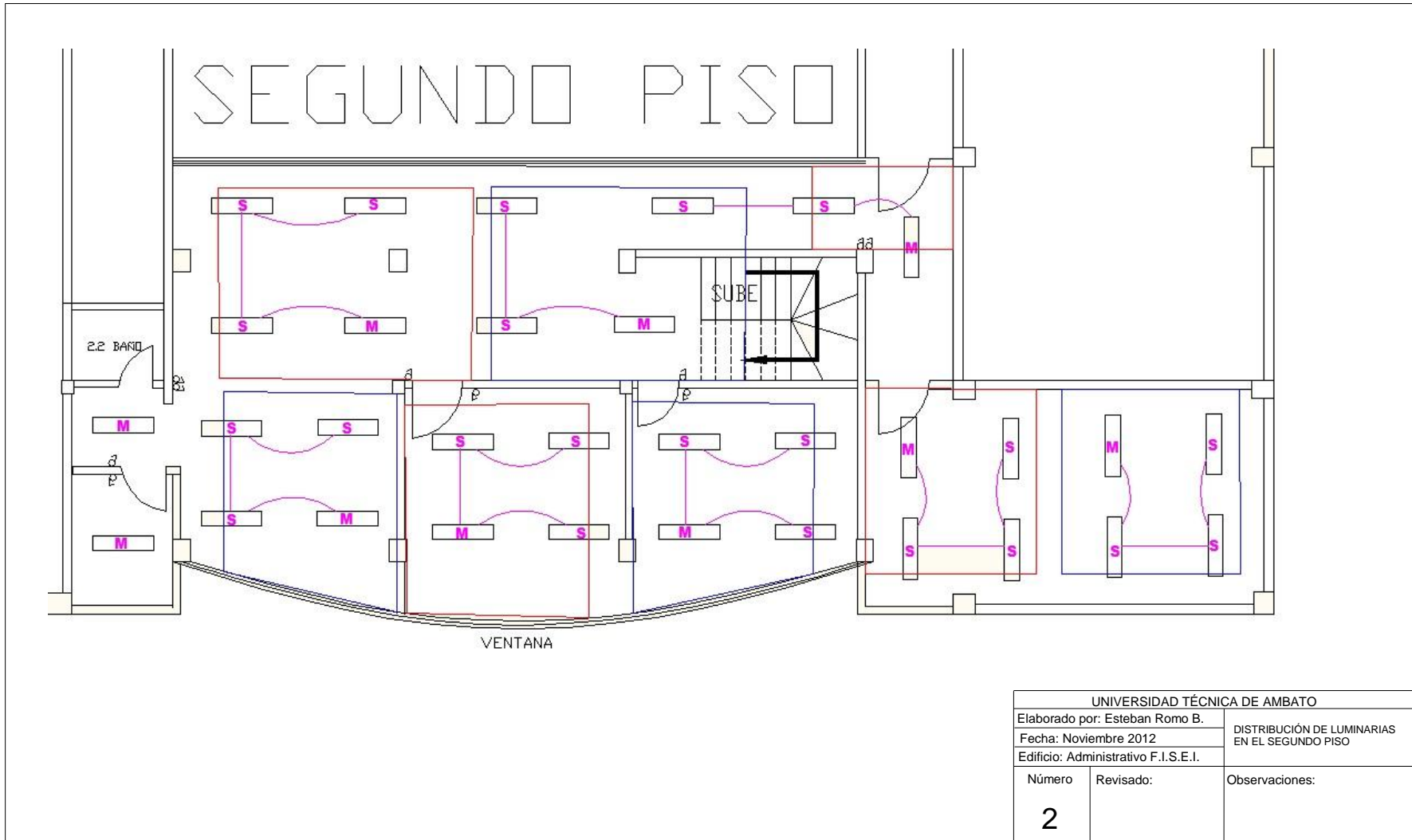
En los siguientes planos se observa la distribución de las luminarias, las áreas de cobertura de los sensores, las cuales están representadas con color azul y rojo en el

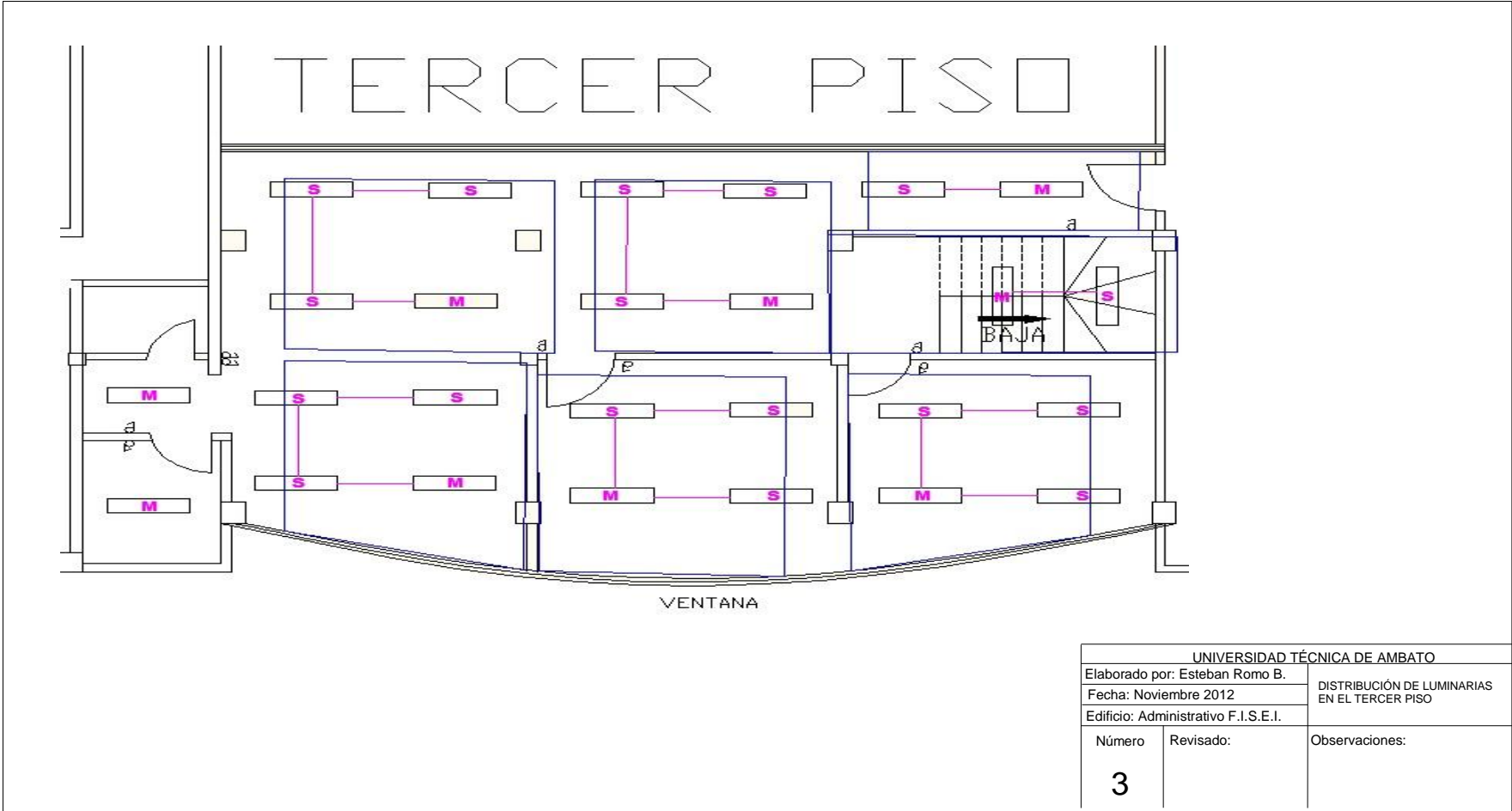
caso de que en la oficina exista más de un sensor y las letras M y S en cada una de las luminarias, esto nos permite saber cuál luminaria es la Maestra (M) y cuáles son las Esclavas (S) y su conexión.

DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA F.I.S.E.I.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Elaborado por: Esteban Romo B.		DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS EN LA PLANTA BAJA
Fecha: Noviembre 2012		
Edificio: Administrativo F.I.S.E.I.		
Número	Revisado:	Observaciones:
1		





Control de Iluminación

De acuerdo a la página: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-sobre-eficiencia-energetica-en-comunidades-de-propietarios-fenercom.pdf>:

Un primer paso a dar en el control y ahorro de iluminación es el de modernizar la instalación. Cambiando los balastos convencionales de las lámparas fluorescentes por balastos electrónicos, el consumo de estas se reduce en un 30%. Para optimizar el consumo de energía se introduce un control de iluminación constante.

El propósito de este control es el de proporcionar una intensidad de iluminación constante de por ejemplo 500 lux sobre las superficies de trabajo. El sensor de luminosidad mide la intensidad de iluminación actual para este fin. Utilizando el valor actual de iluminación y la diferencia con la intensidad de iluminación requerida, el controlador de iluminación calcula el valor de luminosidad necesario para los reguladores.

Con este método de control se puede llegar a ahorrar entre un 28% y un 66% de energía (dependiendo de la estación del año, del clima y de la orientación del edificio). Además es posible detectar la ocupación de la sala utilizando un detector de presencia y un sistema de control de iluminación dependiente de la ocupación.

Si la habitación no está ocupada, la iluminación se puede apagar automáticamente si alguien se ha olvidado de apagarla manualmente. El control dependiente de la presencia puede ahorrar un 13% adicional de energía, como se mostró en las figs. **6.11**, **6.12** y **6.13**, las luminarias identificadas con la letra M son las luminarias que cuentan con el sensor de iluminación como el de presencia.

En el caso de que existiese averías o daños en los sensores, para el encendido y apagado de las luminarias del sistema utilizamos como herramientas de respaldo el control remoto del mismo sistema ActiLume y los controles manuales de pared instalados, este nos permite seleccionar los modos de programación y adicionalmente también puede controlar manualmente el encendido o no de las luminarias sin tener que movernos de nuestro lugar de trabajo (ver anexo 6).

En el Anexo 8 se observa los diferentes modos de programación que tiene el controlador ActiLume, para poder ser ejecutados en las diferentes zonas o diferentes oficinas del edificio.

Simulación del sistema de iluminación

Existen varias soluciones en el mercado para el diseño de sistemas de iluminación, que incluso son mucho más profesionales que DIALux, la mayoría de ellas no ofrecieron lo necesario para el desarrollo de este proyecto. Por ejemplo un tipo de este software es Calculux Interior también de la marca PHILIPS, es una herramienta un poco más sencilla, la desventaja de este software es que no permite trabajar en ambientes 3D y no permite la creación de varios locales en un solo proyecto, puede ser adquirido en esta página web http://www.lighting.philips.com/main/connect/tools_literature/dialux_and_other_downloads.wpd

El software de la empresa Philips DIALux, es una herramienta que nos permite efectuar cálculos de iluminación natural (diurna) e iluminación artificial. El software de simulación permitió variar las posiciones de las luminarias y observar el área de cobertura de cada una de ellas para seleccionar la posición más correcta de las luminarias y lograr una óptima cobertura de iluminación.

Ubicación de las luminarias en el Edificio Administrativo (Simulación)

Una vez calculado el número de lámparas y luminarias se procede a distribuir las sobre los pisos, mediante el software DIALux.

A continuación se muestra la ubicación definitiva de las luminarias en el edificio para las diferentes oficinas.

PLANIMETRÍA

PLANO TIPO X - PLANTA BAJA A: SOFTWARE DIALux

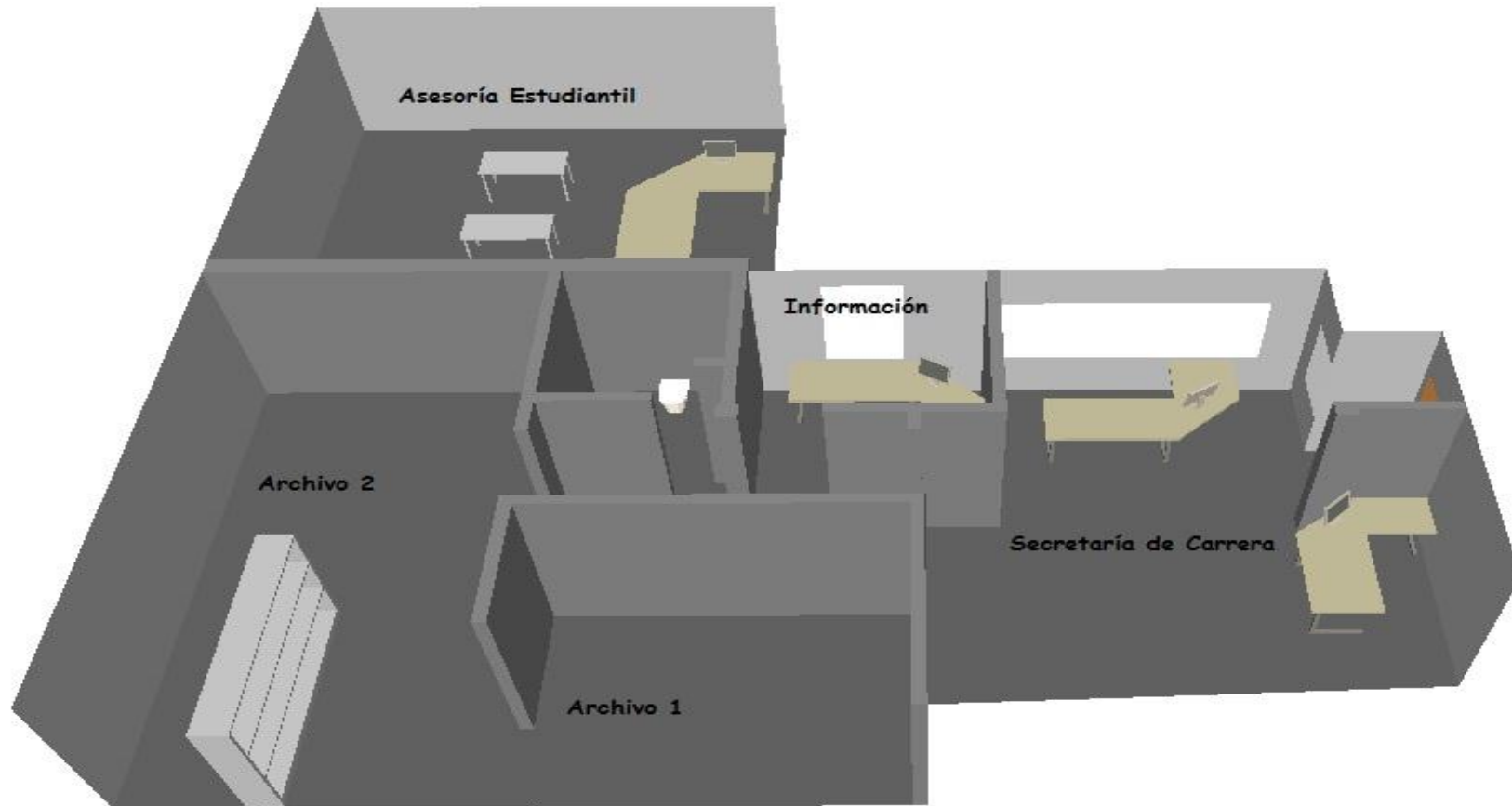


Figura 6.11: Plano tipo X Distribución de las oficinas planta baja A
Elaborado por: Investigador

PLANO TIPO Y – PLANTA BAJA A

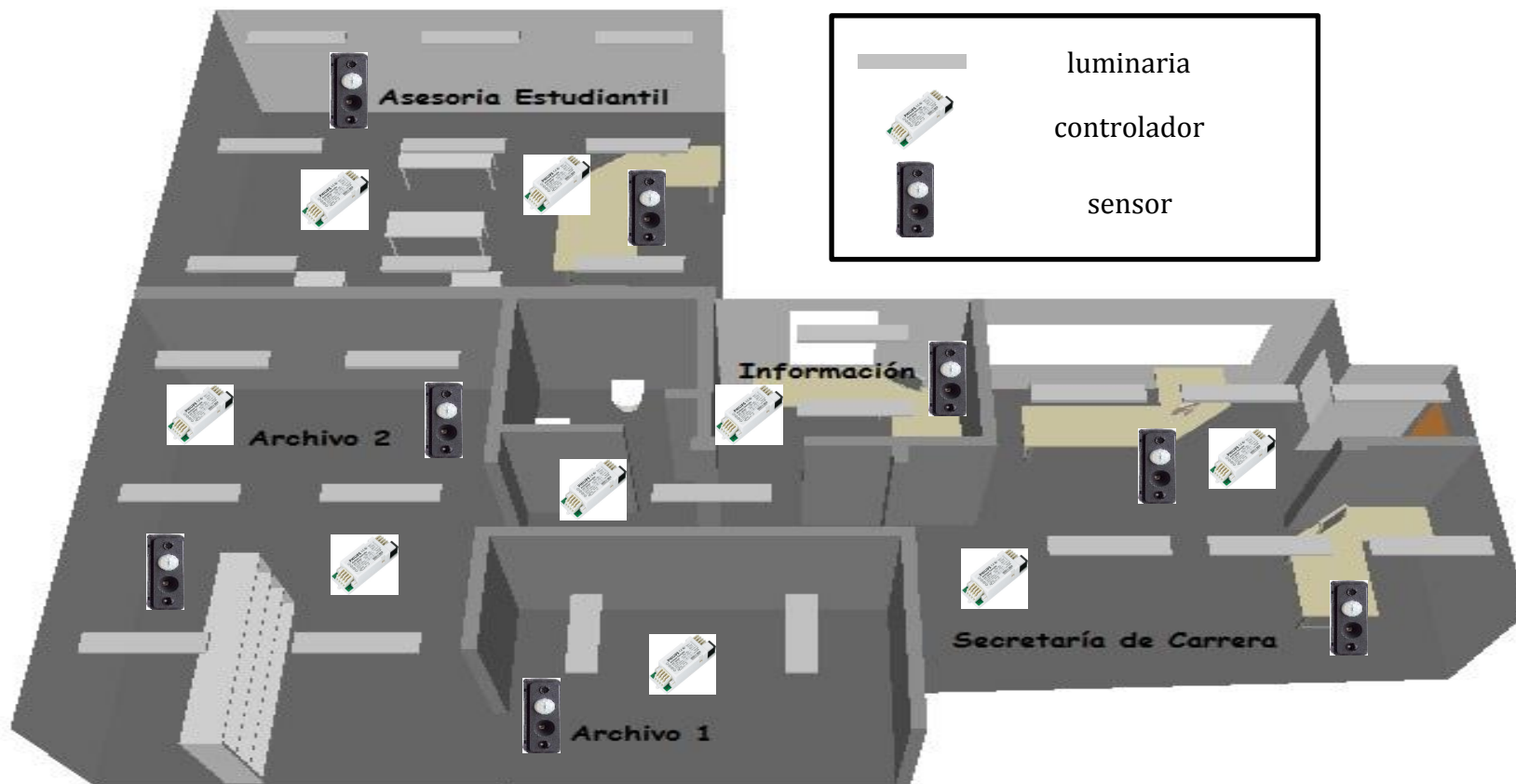


Figura 6.12: Plano tipo Y Distribución de los equipos planta baja A
Elaborado por: Investigador

PLANO TIPO X PLANTA BAJA B

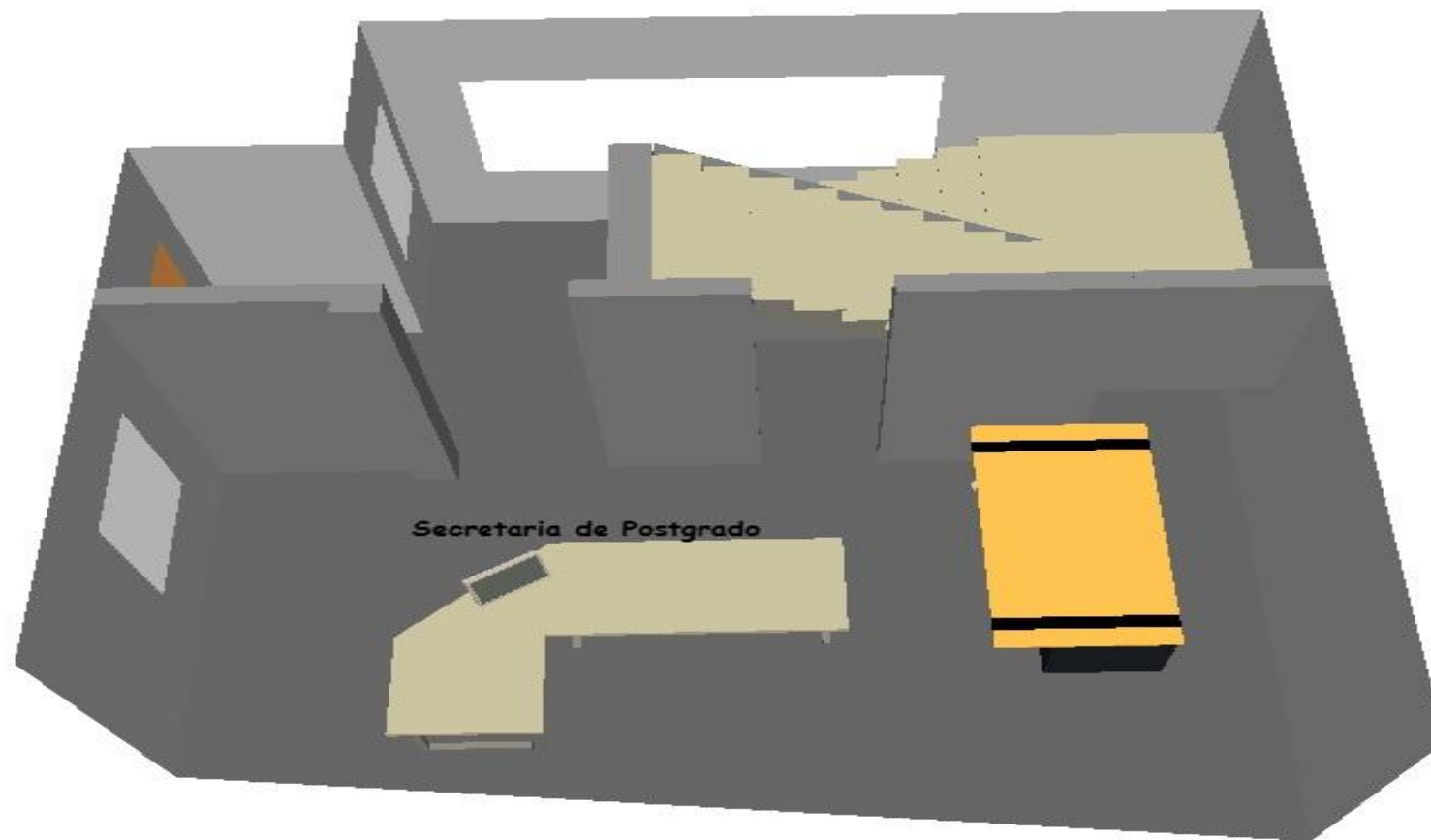


Figura 6.13: Plano tipo X Distribución de las oficinas planta baja B
Elaborado por: Investigador

PLANO TIPO Y – PLANTA BAJA B

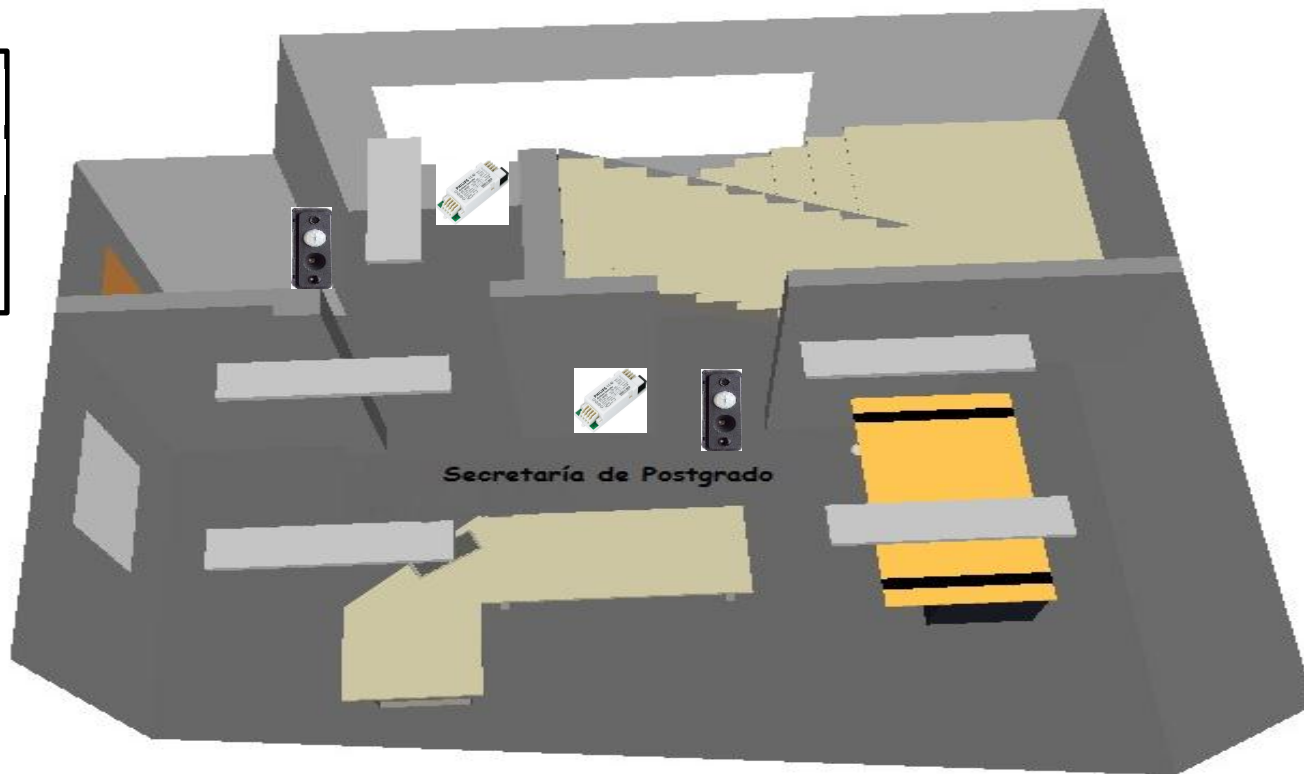
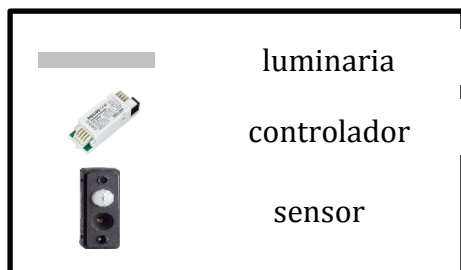


Figura 6.14: Plano tipo Y Distribución de los equipos planta baja B
Elaborado por: Investigador

PLANO TIPO X PLANTA BAJA C

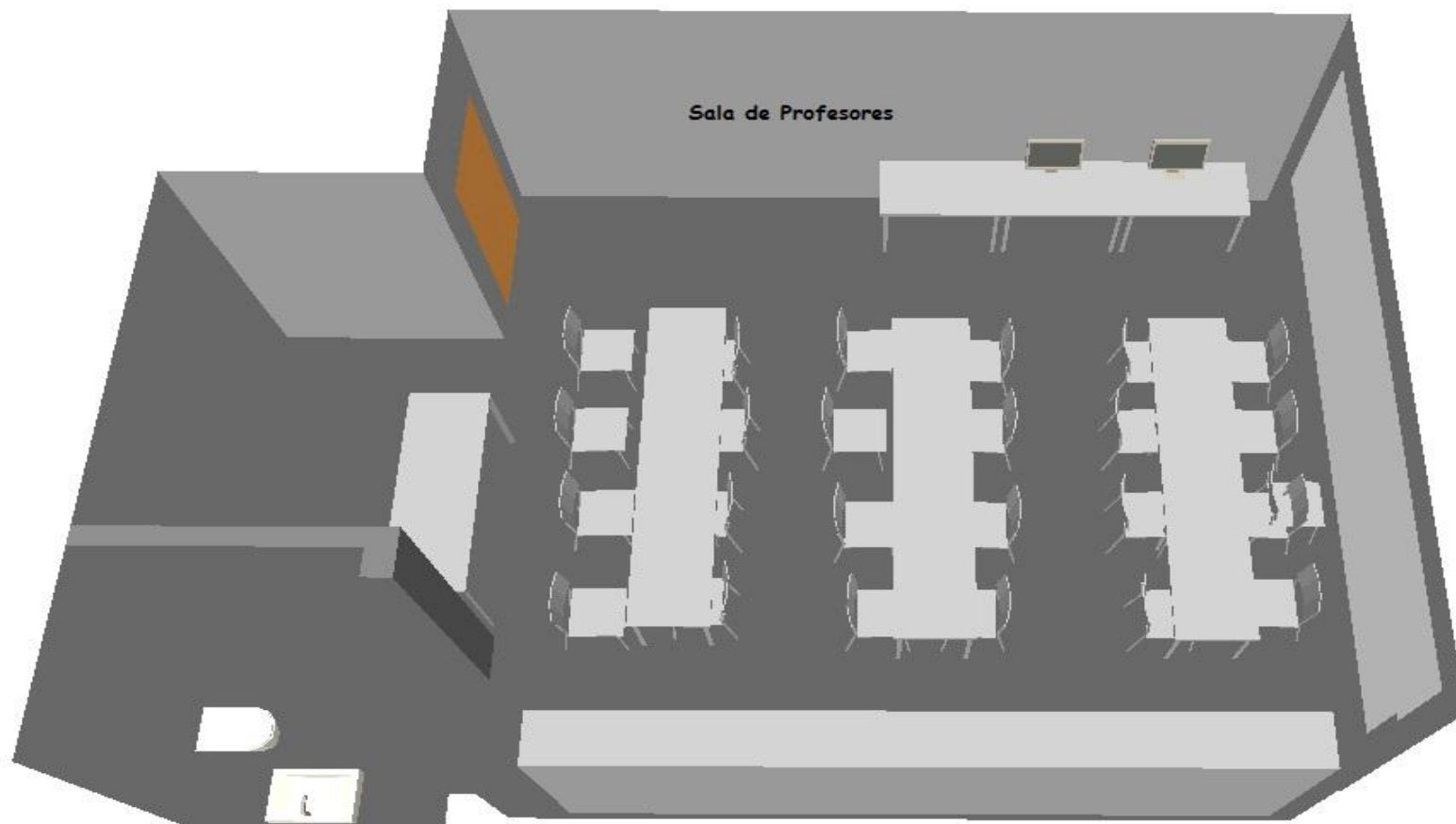
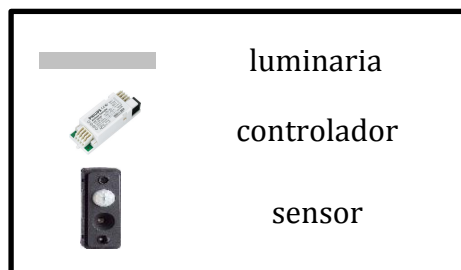


Figura 6.15: Plano tipo X Distribución de las oficinas planta baja C
Elaborado por: Investigador

PLANO TIPO Y - PLANTA BAJA C



TA

Figura 6.16: Plano tipo Y Distribución de los equipos planta baja C
Elaborado por: Investigador

PLANO TIPO X - SEGUNDO PISO

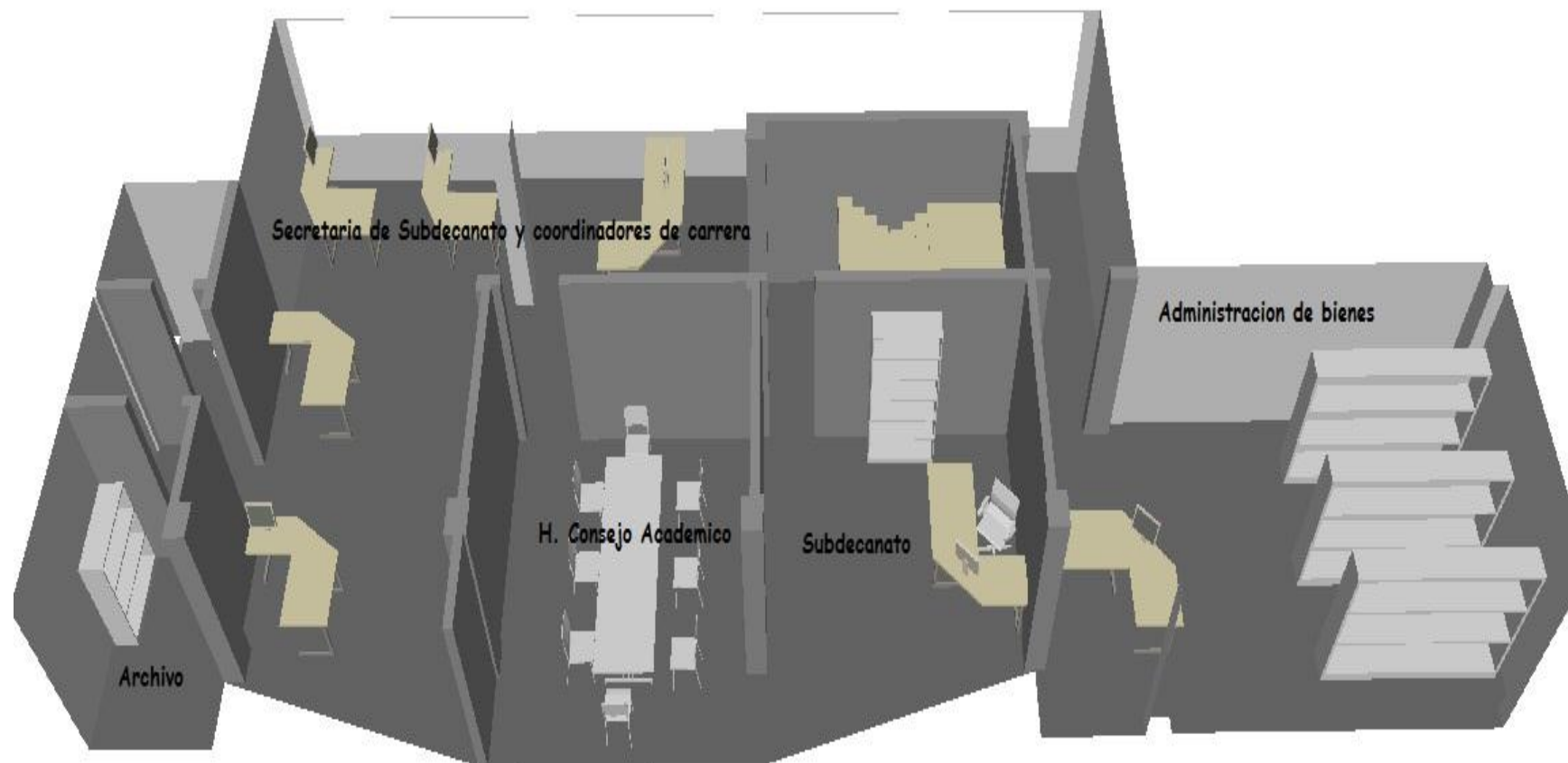


Figura 6.17: Plano tipo X Distribución de las oficinas segunda piso
Elaborado por: Investigador

PLANO TIPO Y - SEGUNDO PISO

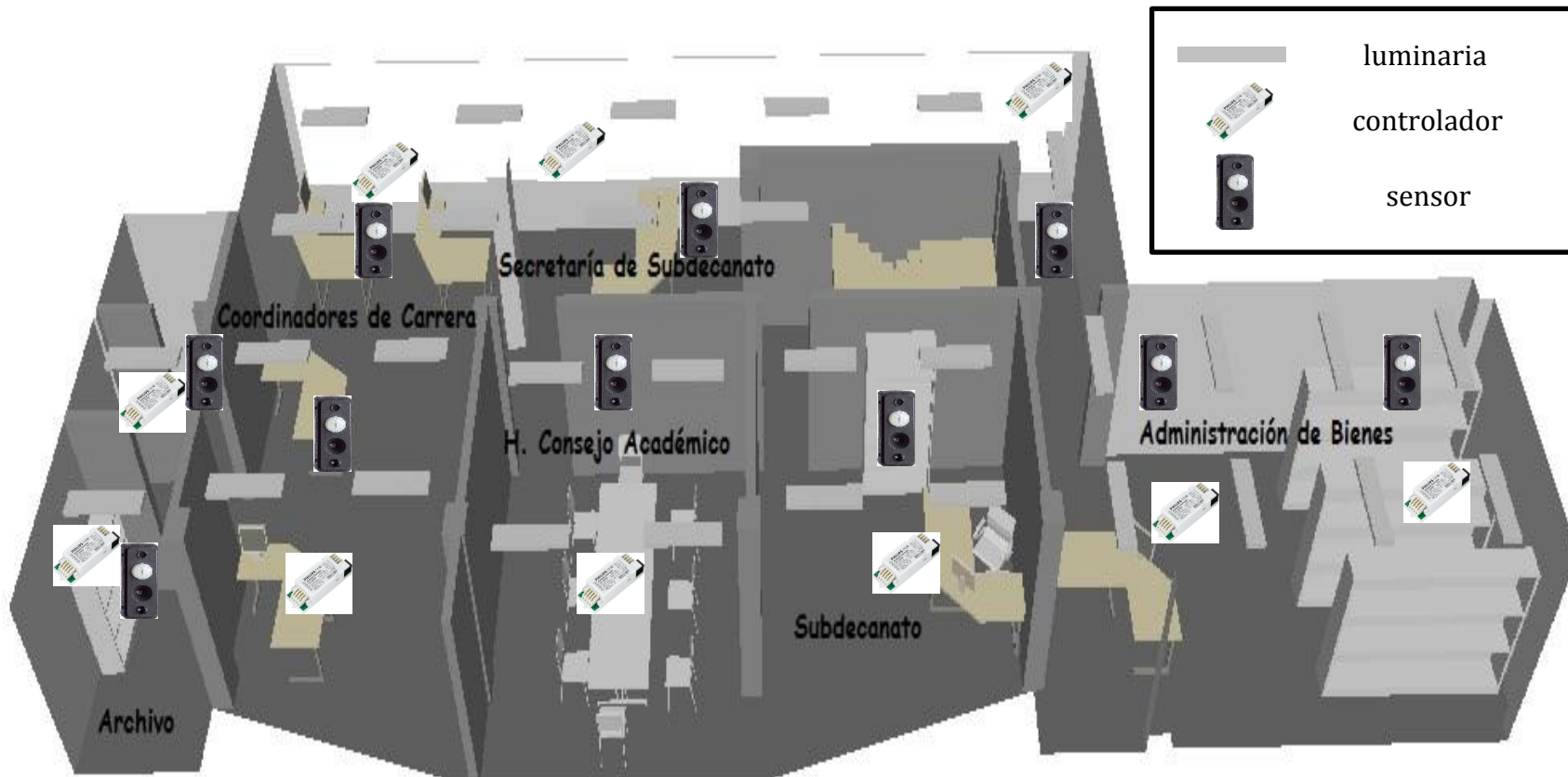


Figura 6.18: Plano tipo Y Distribución de los equipos segundo piso
Elaborado por: Investigador

PLANO TIPO X - TERCER PISO

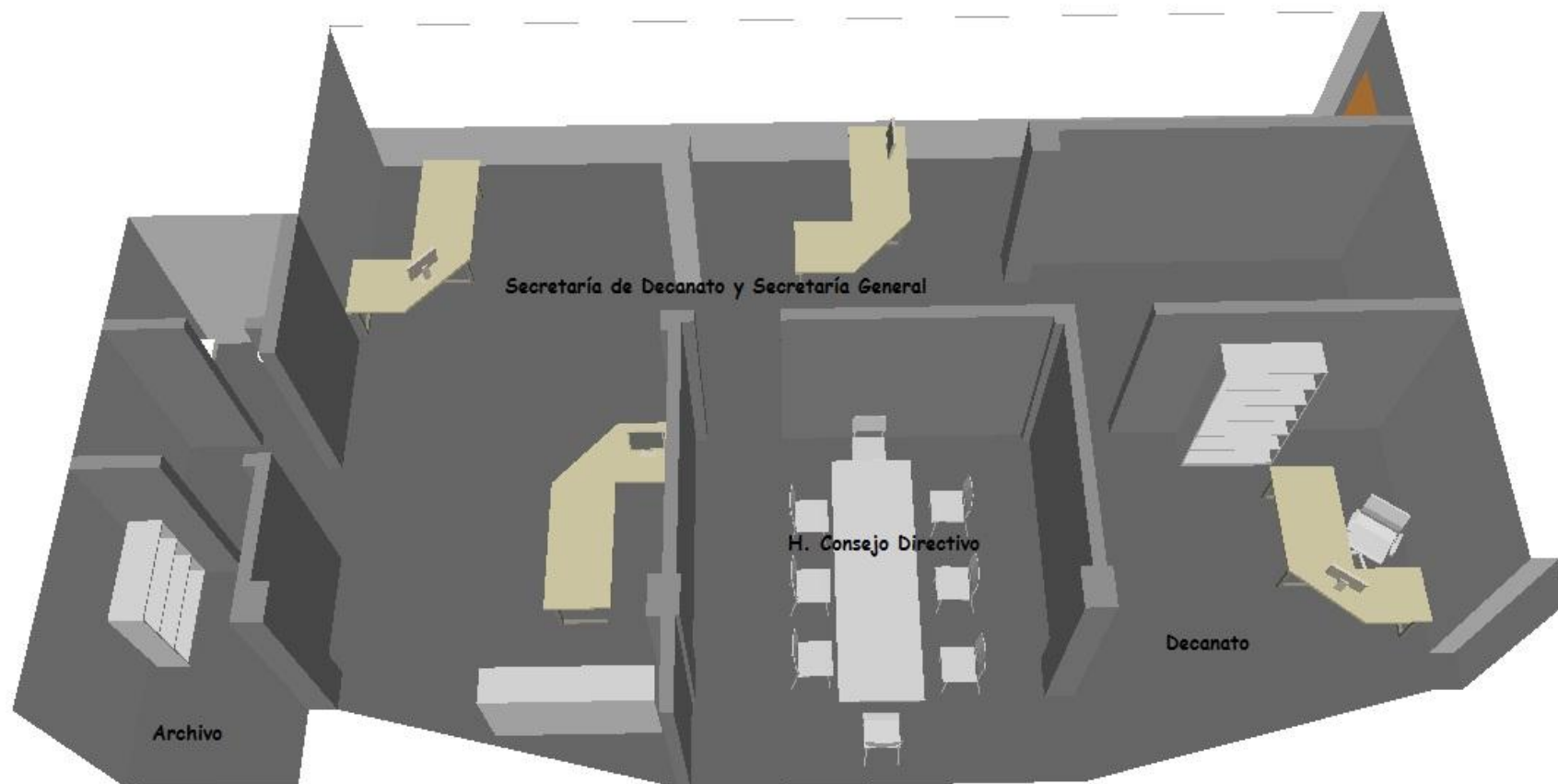


Figura 6.19: Plano tipo X Distribución de las oficinas tercer piso
Elaborado por: Investigador

PLANO TIPO Y - TERCER PISO

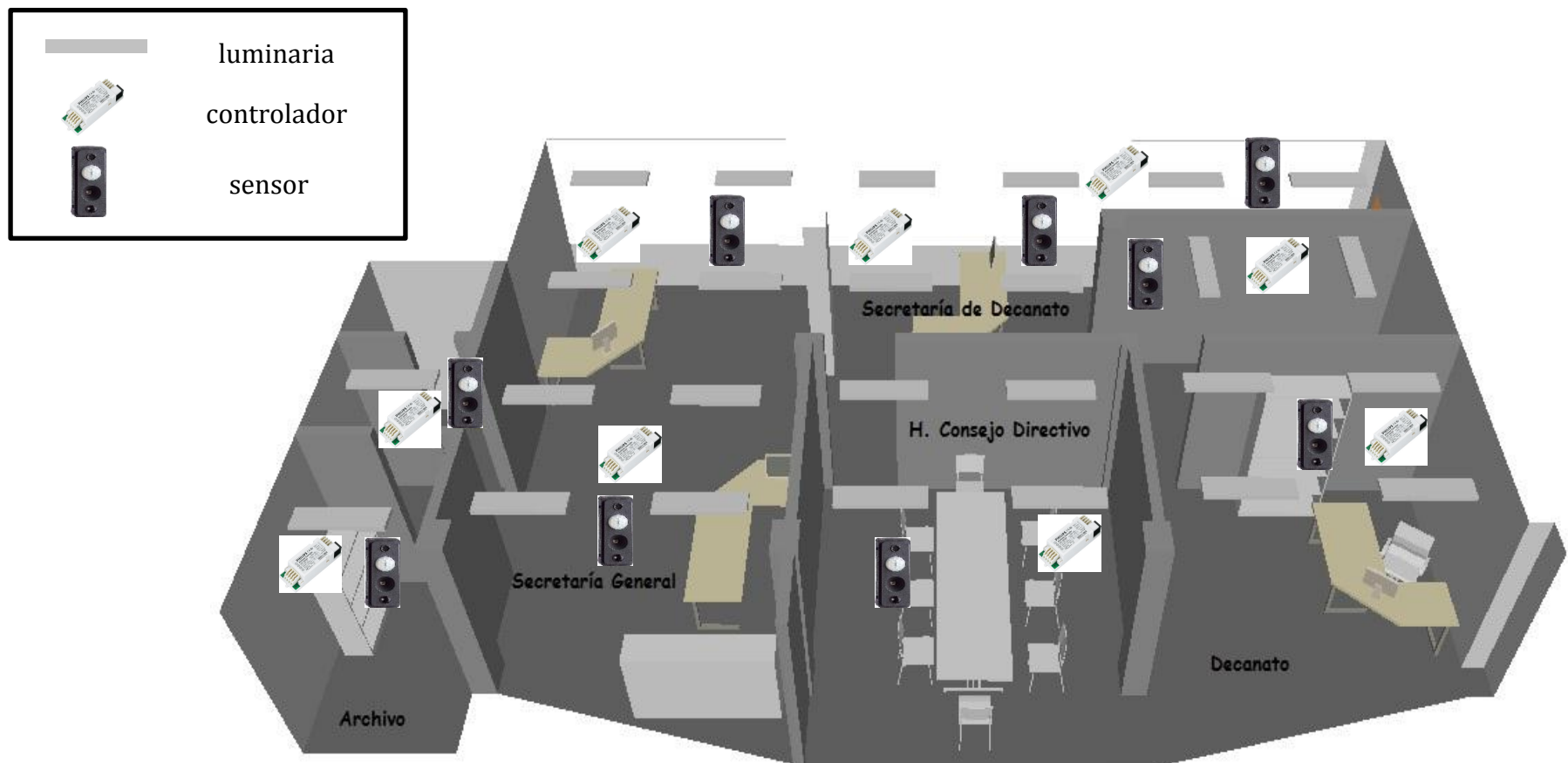


Figura 6.20: Plano tipo Y Distribución de los equipos tercer piso
Elaborado por: Investigador

6.7.3.2 El Cableado hacia y desde el Controlador

La conexión de los elementos se puede ver en la fig. 6.24 donde el sensor Actilume y el controlador pueden ser conectados entre sí por medio de una conexión RJ-10 (4 polos) de la que el macho conector se aseguró para el extremo del cable del sensor y el conector hembra está montado en el controlador.

El controlador Actilume consta con dos salidas ya programadas para luminarias ubicadas cerca a las ventanas, que en este caso vendría a ser la luminaria master y otra para las luminarias que se encuentran ubicadas en pasillos, estas luminarias se conectan directamente al controlador.

Adicional el controlador tiene una entrada para la conexión de dispositivos Touch and Dim, estos dispositivos pueden o no adicionarle al sistema.

Adicional se conecta a la red principal tanto el controlador Actilume como el balasto de la luminaria

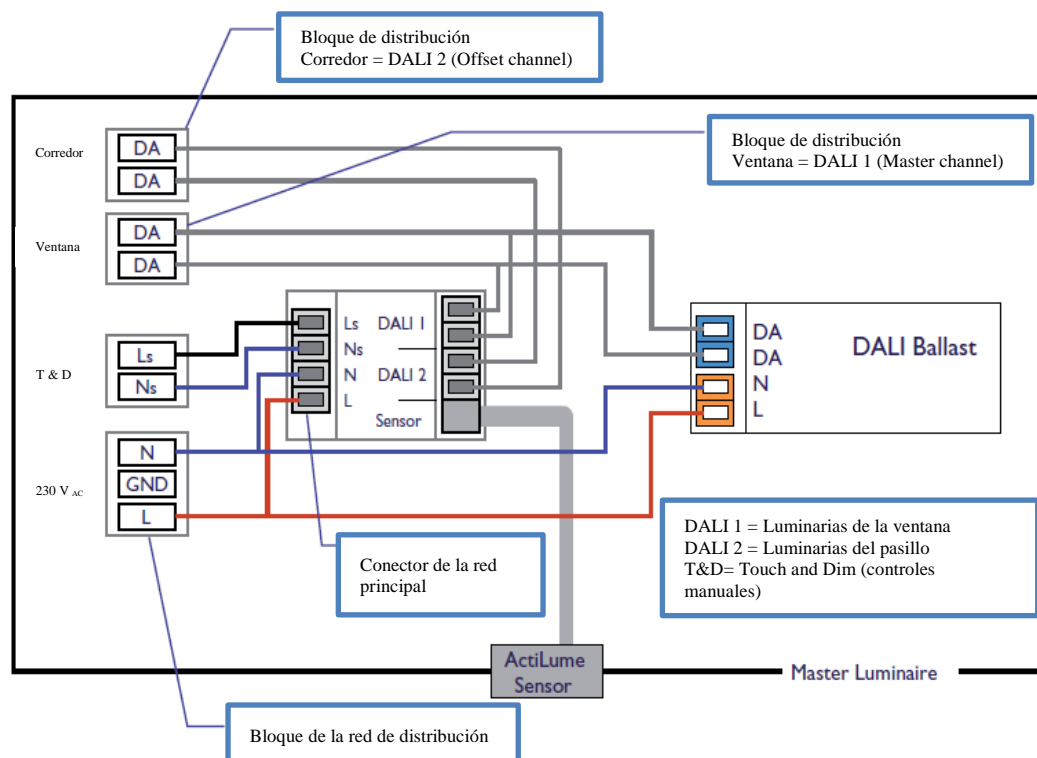


Figura 6.21: Diagrama en bloques de la conexión

Fuente: Guía ActiLume_Philips.pdf

6.7.3.3 Presupuesto Referencial del Proyecto

Para tener el presupuesto general del proyecto del Sistema de Inalámbrico de Iluminación Automatizado se realizó un inventario de los equipos que se necesitarán para estructurar el sistema para el edificio.

En la tabla 6.2 se detallan los equipos y la cantidad de los mismos que se necesitaran para el sistema.

Tabla 6.2: Equipos

DESCRIPCION	CANTIDAD
Luminarias SmartForm	106
Controladores ActiLume	34
Sensores ActiLume	34
Control Remoto Actilume	3
Control Manual Actilume	27

Elaborado por: El investigador

6.7.3.4 Propuesta Económica

En la tabla 6.3 se detalla el valor unitario de cada uno de los equipos del sistema, basados en el catálogo de la empresa Philips.

Tabla 6.3: Presupuesto

CANT	DETALLE	V. UNIT	V. TOTAL
106	Luminarias SmartForm	\$ 203.00	\$ 21518.00
34	Controladores ActiLume	\$ 63.00	\$ 2142.00
34	Sensores ActiLume	\$ 55.00	\$ 1870.00
3	Control Remoto ActiLume	\$ 64.00	\$ 192.00
27	Control Manual Actilume	\$ 64.00	\$ 1728.00
		SUBTOTAL	\$ 27450.00
		IVA 12%	\$ 3294.00
		TOTAL	\$ 30744.00

Elaborado por: El investigador

6.7.3.5 Análisis Económico

Cuando hablamos de edificios y más concretamente de los beneficios que se obtienen, aquí sí que se tiene una componente importante del ahorro energético que se consigue con el sistema Actilume, tampoco hay que perder de vista los aspectos inherentes al confort visual.

Realizar un análisis económico costo beneficio no es posible, ya que no se puede obtener los valores reales de consumo energético de la facultad, esto se debe a que existe un solo medidor para todo el campus universitario, y desde ahí se distribuyen a los transformadores ubicados en cada una de las facultades.

Es por eso que este proyecto se ha realizado tomando en cuenta la ergonomía y confort visual de las personas que trabajan en el edificio.

Hay que tomar en cuenta que en los últimos años, la facultad y la universidad en si han tenido mejoras en el tema de infraestructura, esto conlleva el aumento de la carga eléctrica, y la mala distribución de la carga ocasiona que los transformadores no trabajen adecuadamente, lo recomendable sería realizar una nueva distribución de la carga, para no tener fallas en la energía eléctrica.

Lógicamente la mejor forma de realizar una comparación es ver el antes y el después de una instalación de este tipo, de tal modo que podamos tener los gastos desglosados de la parte que nos interesa de la factura eléctrica. En cualquier caso, no cabe duda que el ahorro energético siempre se va a producir en mayor o menor medida y en función de todos los factores de control que introduzcamos en el sistema así como de la eficiencia del mismo.

6.8 Conclusiones y Recomendaciones

6.8.1 Conclusiones

- Los objetivos planteados al inicio de este proyecto se han cumplido en su totalidad, manteniendo el equilibrio entre calidad y costos del sistema a diseñarse.
- Dotar al edificio de un sistema de iluminación automatizado le confiere un valor añadido que hace que se convierta en una inversión tecnológica que contribuye a la conservación del medio ambiente.
- La calidad de vida, el confort, la seguridad y la tecnología representan campos que avanzan de manera conjunta en busca del bienestar personal y material dentro de la infraestructura inteligente.

6.8.2 Recomendaciones

- Al implementar el presente diseño, se recomienda dar un mantenimiento preventivo a las luminarias, sensores, balastos, y el cableado para poder aprovechar al máximo su funcionalidad.
- Como los equipos son costosos, se recomienda que estos sean manipulados con mucho cuidado, ya que el daño de uno de estos equipos representaría un gasto adicional y el pedido de los mismos requiere de tiempo.
- Para realizar los cálculos se debe tener en cuenta todos los parámetros que influyen en la iluminación, tanto para la cantidad de luminarias como para la ubicación de las mismas.

6.9 Bibliografía

- [1] Stefan Junestrand, Xavier Passaret, Daniel Vázquez. 2005 “Domotica y Hogar Digital”. Madrid-España
- [8] Aranda Usón...[et al.] (2010)“Eficiencia Energética en Instalaciones y Equipamiento de Edificios”(pag. 153-154) Zaragoza
- [9] Ministerio de Ciencia y Tecnología e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-“Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación”, Marzo 2001-Madrid
- [11] Ediciones OFITA-“La iluminación en los entornos de oficina”, 1999
- [25] Philips-“Tarifa Alumbrado Profesional”, Febrero 2012-España
- [26] Departamento de Energía de los EE.UU - “El Ahorro de Energía”
- [27] FiberOptics “Sistemas de iluminación, Criterios de Diseño”
- [28] Uruguay Eficiente “Manual de Iluminación Eficiente”
- [29] Madrid Ahorra Energía - “Guía técnica de iluminación eficiente”

6.9.1 Linkografía

- [2]<http://www.monografias.com/trabajos14/domotica/domotica.shtml>
- [3]<http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14>
- [4]<http://www.guiainmobiliariadelecuador.com/propiedad.php?recordID=185>
- [5]<http://www.laserwifi.com/data.html>
- [6]http://es.wikipedia.org/wiki/Comunicaci%C3%B3n_inal%C3%A1brica
- [7]http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_comunicaciones
- [10]<http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/conceptos-alumbrado-interior.html>
- [12] <http://www.eea.europa.eu/es/themes/energy/intro>
- [13] [http://es.wikipedia.org/wiki/Trabajo_\(f%C3%ADsica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Trabajo_(f%C3%ADsica))
- [14]<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia27/HTML/articulo06.htm>
- [15]http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/formas.htm

- [16]<http://www.monografias.com/trabajos81/principios-energia/principios-energia.shtml>
- [17]http://es.wikipedia.org/wiki/Generaci%C3%B3n_de_energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica
- [18]<http://es.scribd.com/doc/21162991/TEMA-14-CONSUMO-Y-AHORRO-DE-ENERGIA>
- [19]http://www.mitsucontrol.com.ar/automatizacion-de-casas/domotica/Ahorro_de_energia/1261/Ahorro_de_Energia_Electrica.asp
- [20] <http://comoahorrardinero.com/ahorro-de-energia-electrica>
- [21]<http://www.ecat.lighting.philips.es/l/sistemas-de-control-de-alumbrado/control-integrado-en-luminaria-de-interior/ActiLume-dali/23833/cat/>
- [22]http://www.lighting.philips.com/pwc_li/main/products/controls/assets/oem_application_guide_for_ActiLume.pdf
- [23]<http://www.ilighting.es/>
- [24]http://www.ecat.lighting.philips.es/l/sistemas-de-control-de-alumbrado/control-integrado-en-luminaria-de-interior/ActiLume-1-10v/913700339603_eu/

ANEXOS

ANEXO 1

ENCUESTA

ANEXO 2

Luminaria

ANEXO 3

Controlador y Sensor

ANEXO 4

Esquema de distribución Lumínica

ANEXO 5

Tabla Método Watts por metro cuadrado

ANEXO 6

Control Remoto

ANEXO 7

Control de Pared

ANEXO 8

Modos de Usuario

ANEXO 9

DIALux



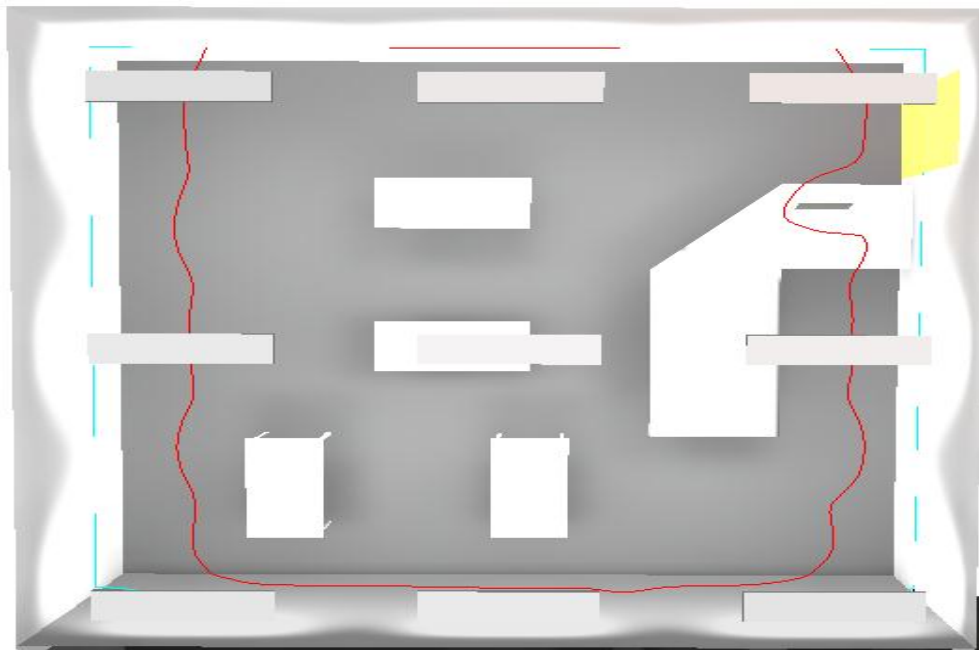
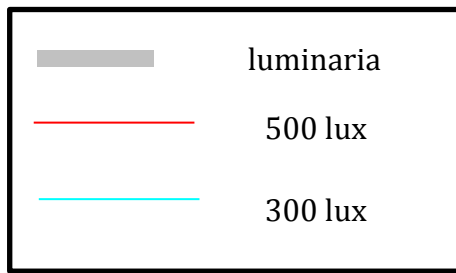
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL



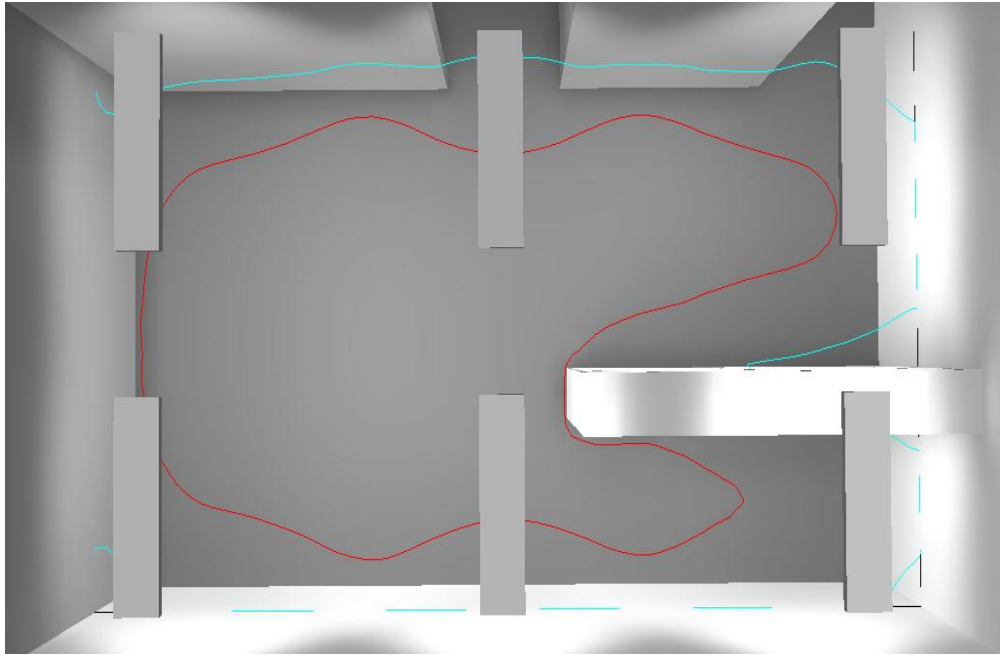
**ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL ADMINISTRATIVO Y
COORDINADORES DE CARRERA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL.**

Método de watts por pie cuadrado (o metro cuadrado)				
Nivel promedio de luz deseado y aplicación típica	Luz fluorescente, fluorescente compacta o luces HID		Lámparas incandescentes o de halógeno	
	Watts por pie cuadrado	Watts por metro cuadrado	Watts por pie cuadrado	Watts por metro cuadrado
Corredores de hoteles, torres de escaleras 2.5 a 5 pies candela (fc) (26.9 a 53.8 lux [lx])	0.1 – 0.2	1.08 – 2.15	0.3 – 0.7	3.53 – 7.53
Corredores de oficina, estacionamientos y garajes, teatros 5 a 10 pies candela (fc) (53.8 a 107.6 lux [lx])	0.2 – 0.4	2.15 – 4.31	0.7 – 1.0	7.53 – 10.76
Vestíbulos de edificios, salas de espera, vestíbulos de elevador, centros comerciales, espacios funcionales de los hoteles, corredores de escuela 10 a 20 pies candela (fc) (107.6 a 215.2 lux [lx])	0.4 – 0.8	4.31 – 8.61	1.0 – 2.0	10.76 – 21.53
Áreas de oficinas, salones de clase, salas de lectura, salas de conferencia y reuniones, iluminación de tiendas al menudeo, trabajo industrial, talleres, gimnasios 20 a 50 pies candela (fc) (215.2 a 538 lux [lx])	0.8 – 1.2	8.61 – 12.92	No recomendable	No recomendable
Tiendas de abarrotes, misceláneas, áreas de trabajo, áreas de juego no profesionales 50 a 100 pies candela (fc) (538 a 1076 lux [lx])	1.2 – 2.0	12.92 – 21.53	No recomendable	No recomendable

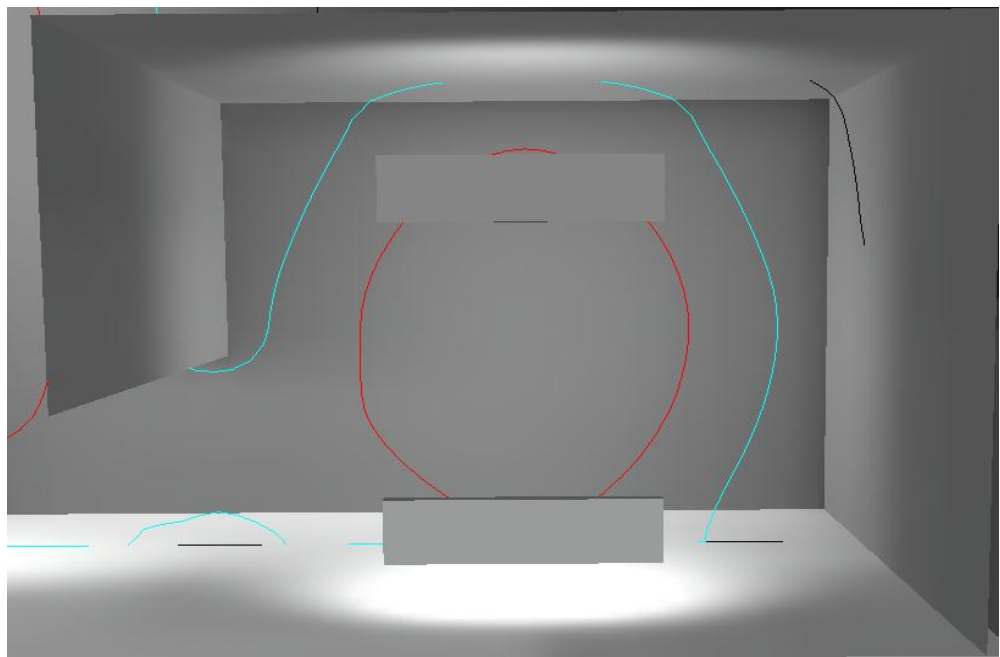
Tabla para el cálculo del Método de Watts por pie cuadrado
Fuente: Luis Lesur “Guía paso a paso Manual de Iluminación” Trillas



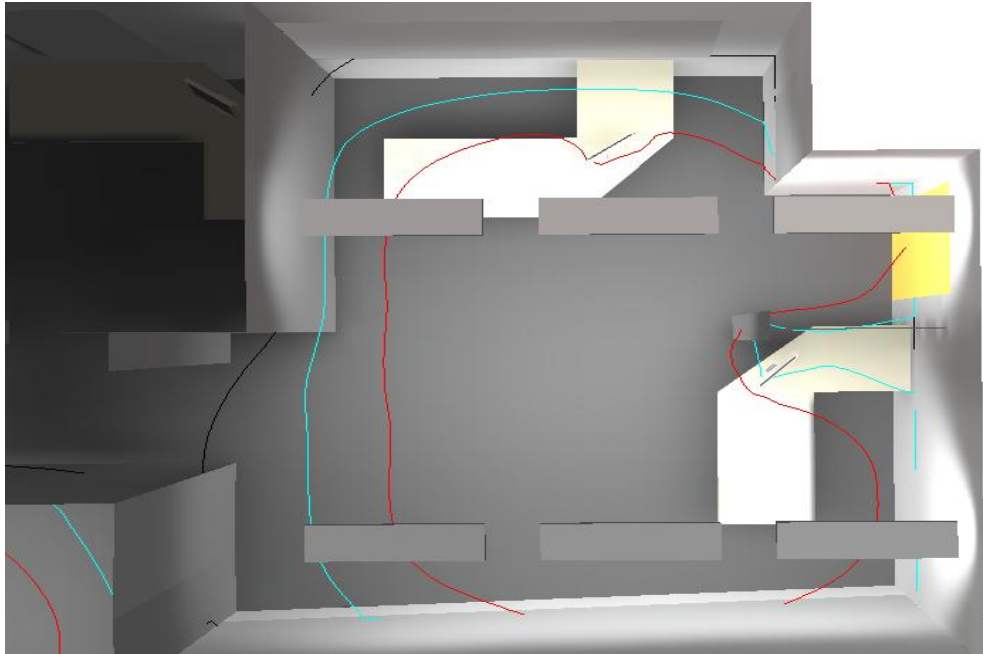
Asesoría Estudiantil
Distribución Lumínica



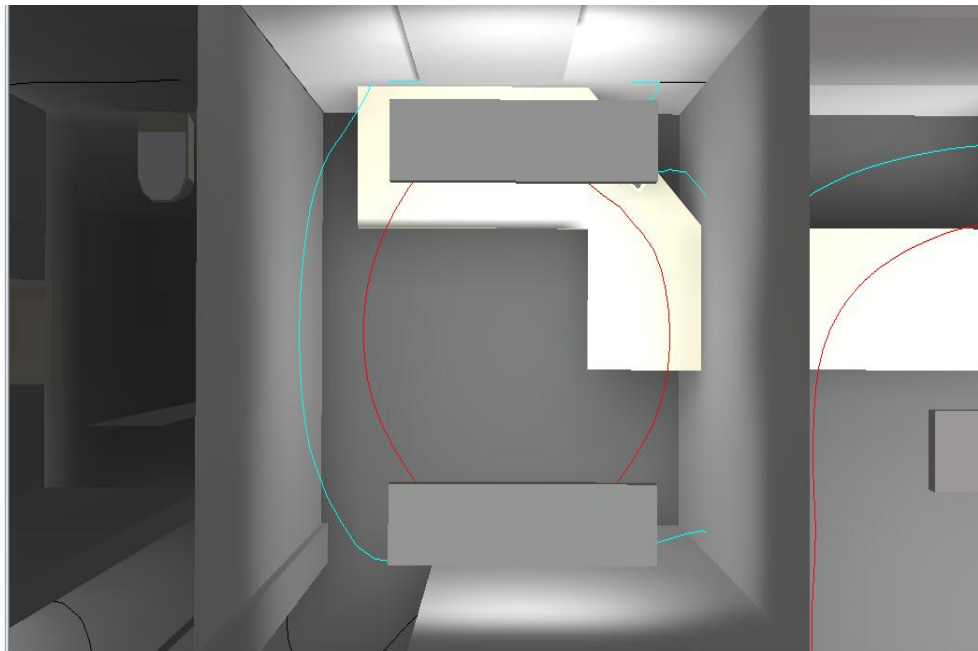
Archivo 2
Distribución Lumínica



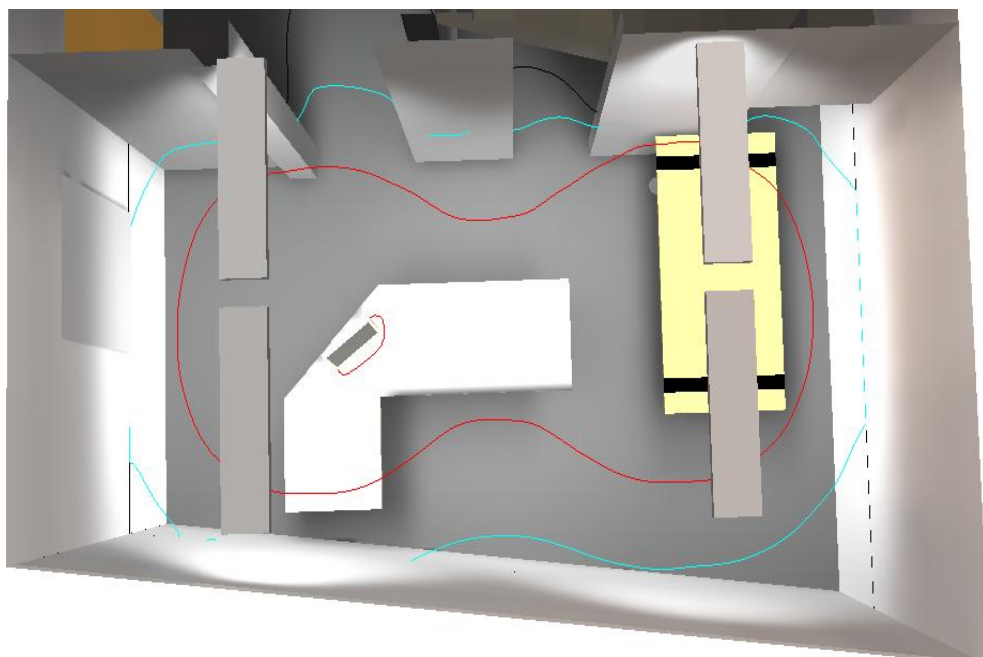
Archivo 1
Distribución Lumínica



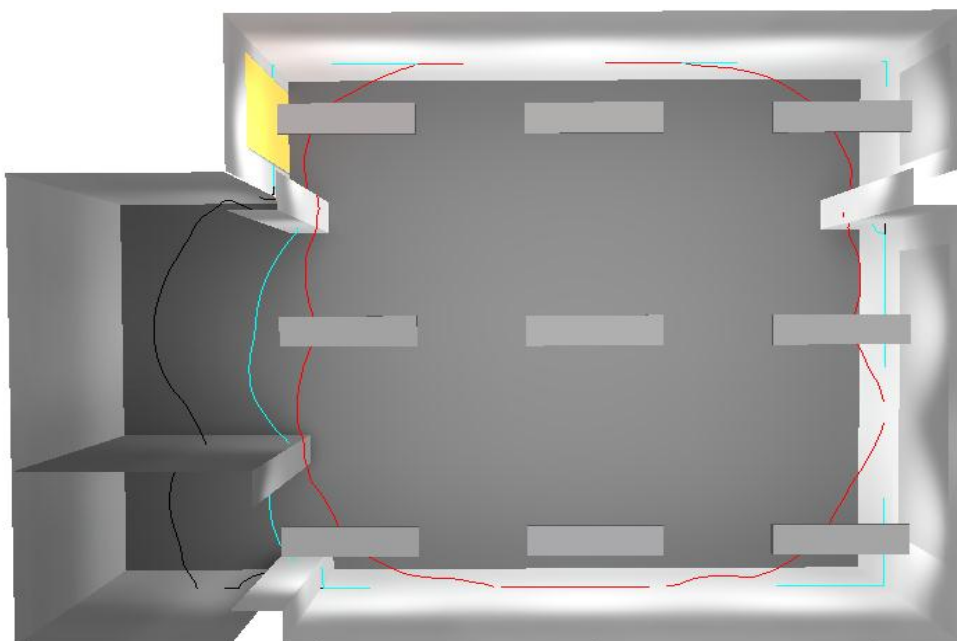
Secretaría de Carrera
Distribución Lumínica



Información
Distribución Lumínica



Secretaría de Postgrado
Distribución Lumínica



Sala de Profesores
Distribución Lumínica

La simplicidad y creatividad que DIALux ofrece como software determinaron su elección como programa adecuado para este proyecto.

Las características de hardware del equipo se describen a continuación:

Procesador: Pentium IV o superior, 1.4 GHz o superior

Memoria: 1 GB

Tarjeta gráfica: OpenGL o compatible DirectX

Resolución: 1280 x 1024 px

Sistemas Operativos:

Windows Vista

Windows XP (con SP2)

Windows 7

Instalación de DIALux 4.9

Las siguientes imágenes muestran la instalación del Software DIALux 4.9. Desde la Fig. 1 hasta la Fig.6 se detalla el proceso de instalación a través de capturas de pantallas tomadas de este procedimiento. Se inicia con la pantalla de bienvenida que guía a través del proceso de instalación (Figura 1), continuando con la instalación ulterior de componentes que faltan (Figura 2) y luego las capturas de pantalla que muestran la instalación (Figura 3). Existen varios pasos a seguirse en este punto: la selección del idioma a instalar y de los componentes a instalar del programa (Figura 4). Se puede apreciar finalmente la barra de progreso de la instalación (Figura 5), el proceso completado (Figura 6) y la pantalla principal (Figura 7).



Figura 12: Pantalla de Bienvenida

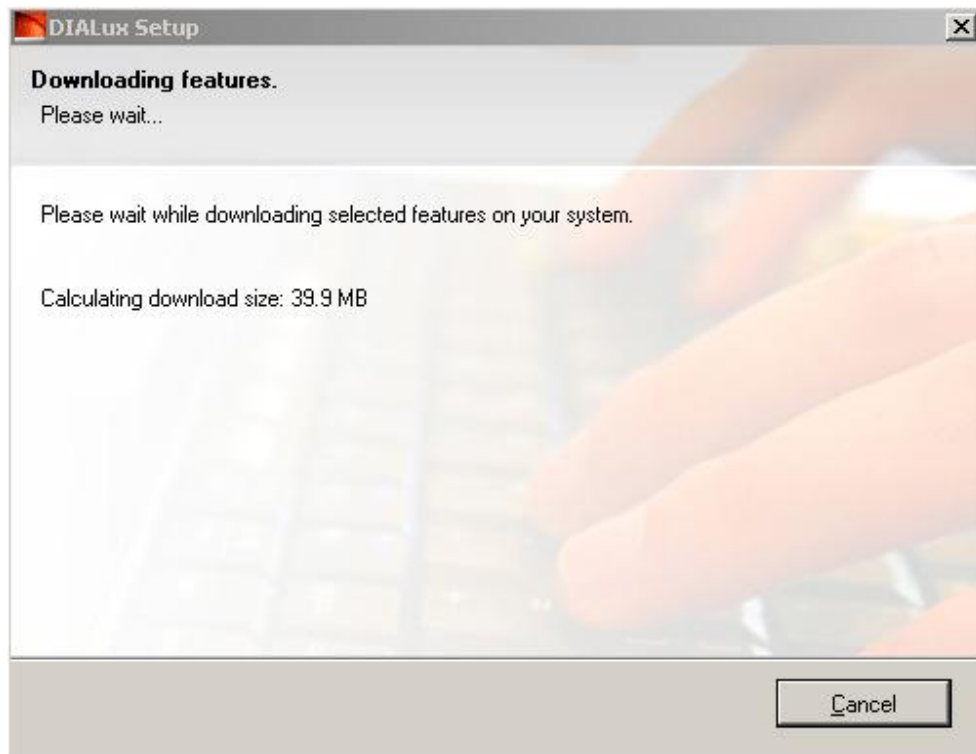


Figura 23: Instalación ulterior de componentes que faltan

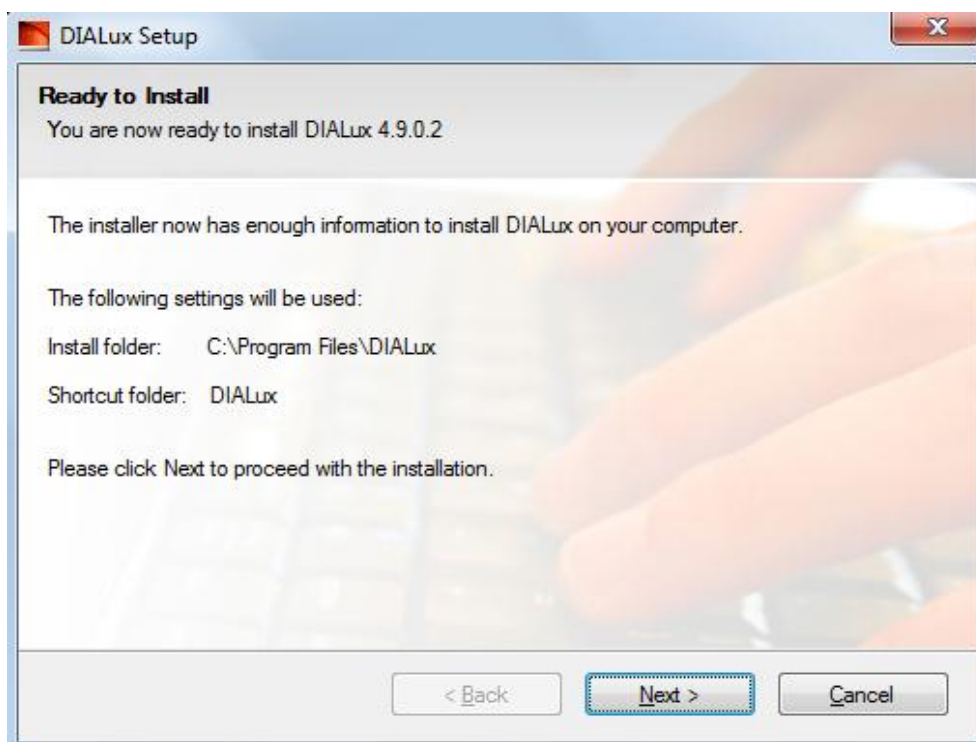


Figura 4: Instalación del software

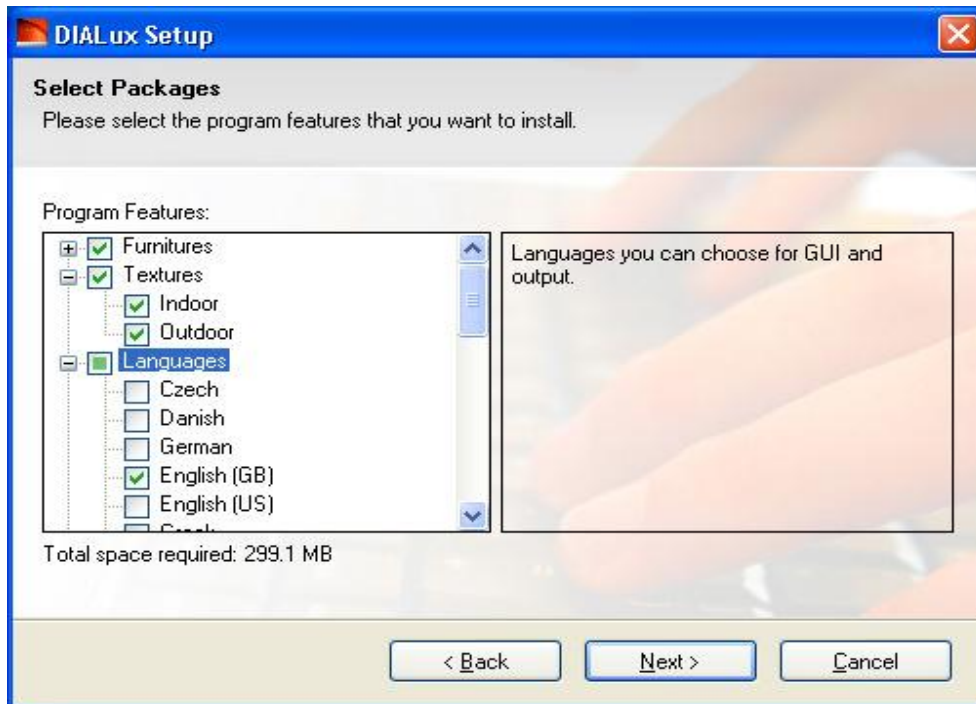


Figura4: Selección de idioma y de componentes a instalar

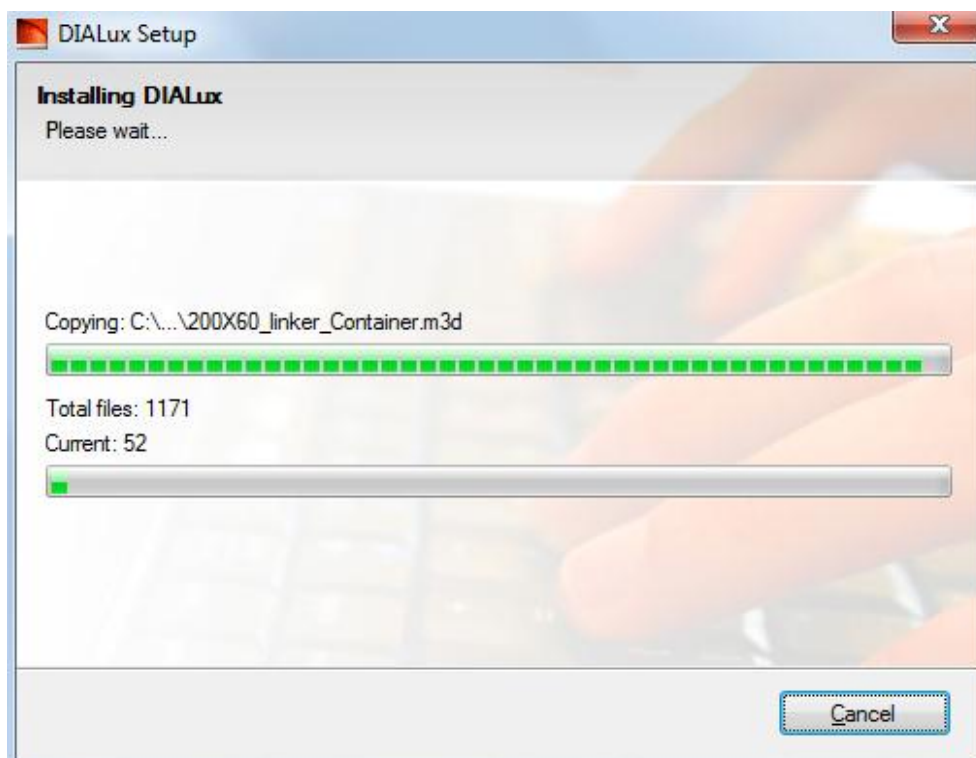


Figura 55: Progreso de la instalación

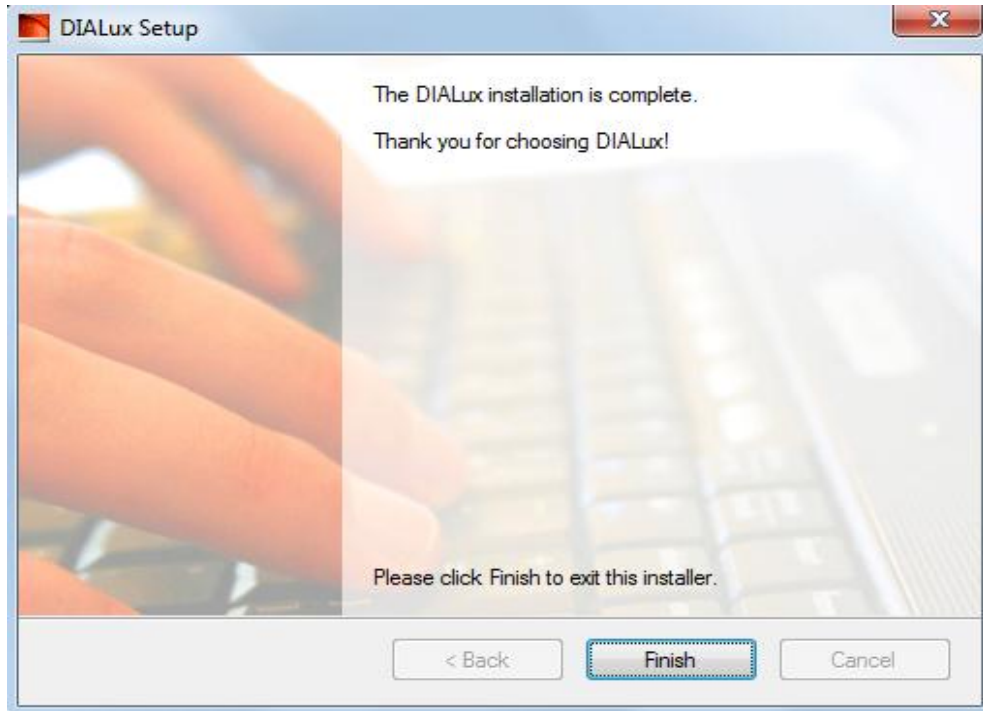


Figura 6: Aviso de la instalación completada

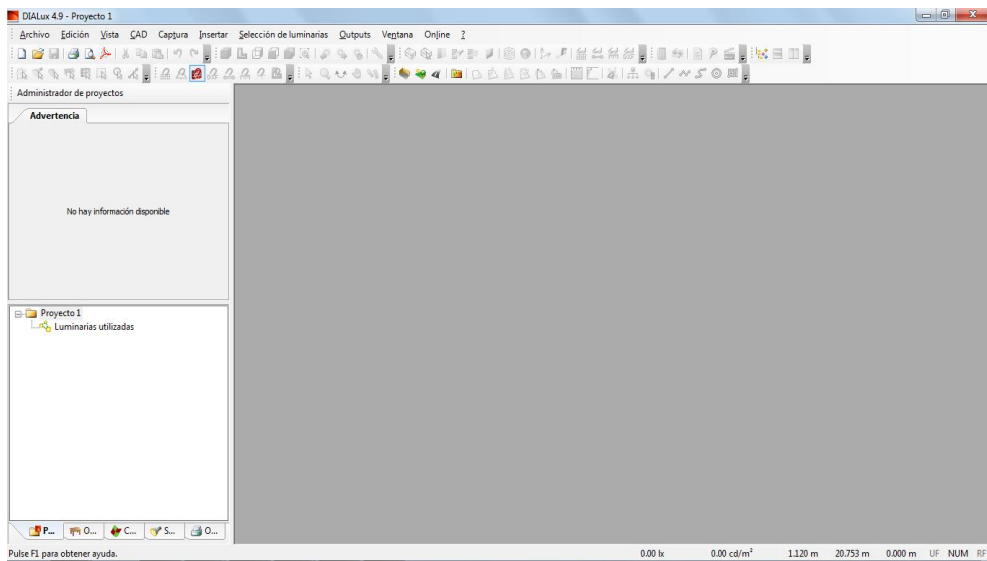


Figura 76: Pantalla de inicio DIALux

Insertar archivo del plano

Para empezar el diseño del sistema de iluminación, debemos previamente importar el archivo del plano del edificio, ya sea este realizado en otro programa de diseño o en el mismo software que estamos utilizando se lo puede diseñar como se puede observar en la figura 8.

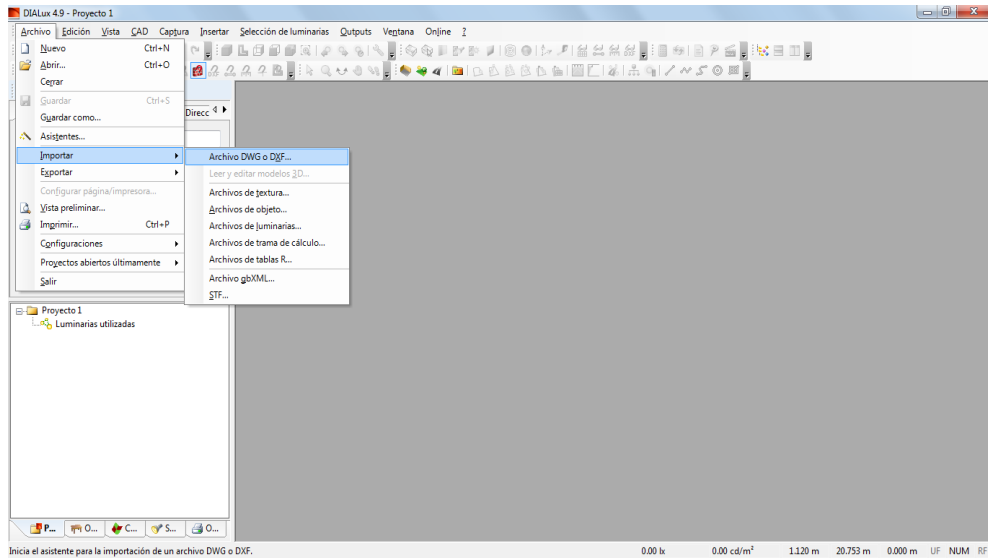


Figura 8: Importación de un archivo DWG o DXF

Para la importación de los archivos hacia el software de diseño existe un asistente, el cual nos ayuda en la importación del mismo de una forma más sencilla y comprensible para el usuario ver figura 9.

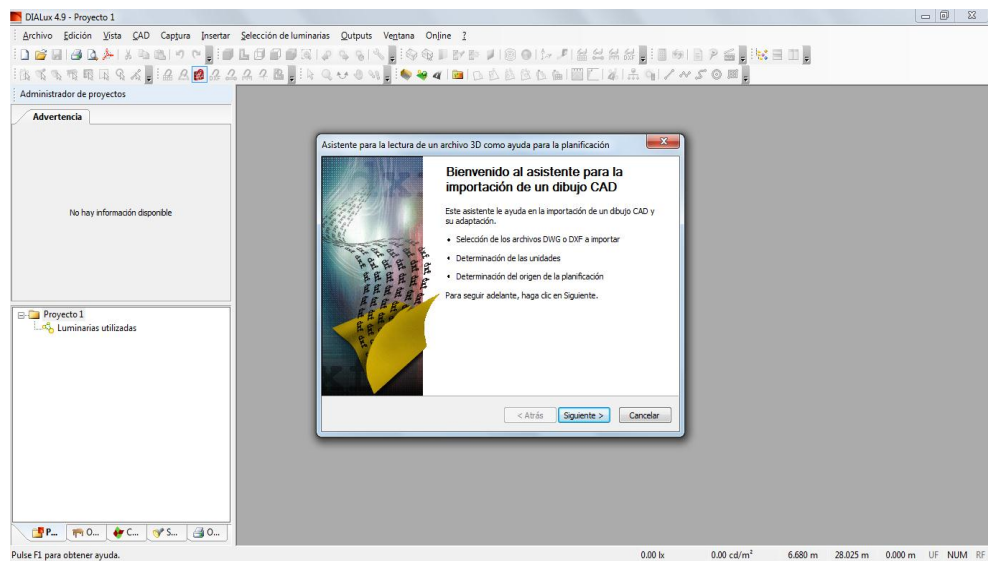


Figura 9: Asistente para importar un dibujo CAD

A continuación se ingresa la ruta o dirección en donde se encuentra almacenado el archivo del plano, sea este se encuentre en el mismo computador o en una unidad extraíble ver figura 10.

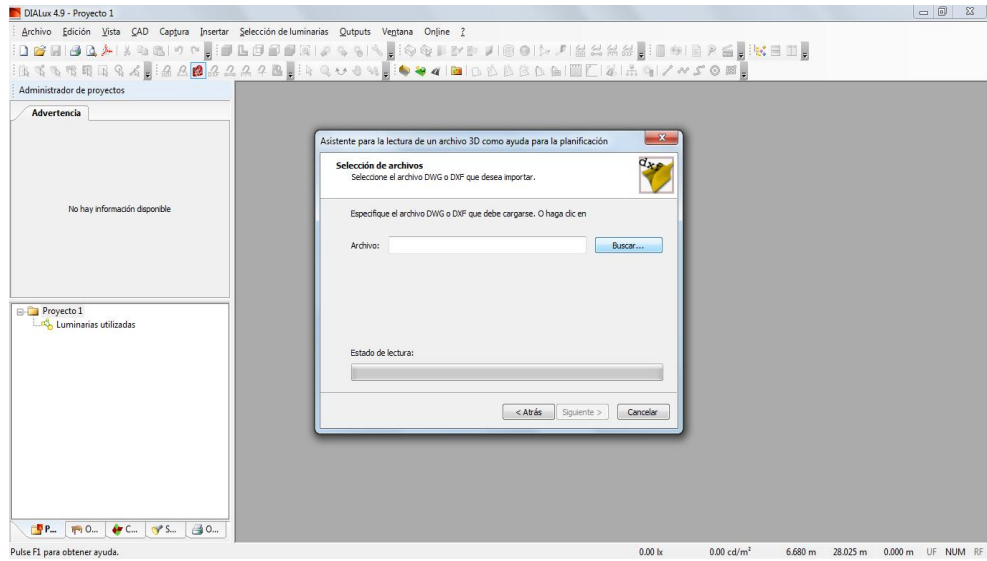


Figura10: Dirección donde se encuentra el archivo CAD

Después de haber ubicado la ruta del archivo, presionamos el botón siguiente, e inmediatamente podemos visualizar el proceso de carga del archivo en la barra de la parte inferior de la ventana ver figura 11.

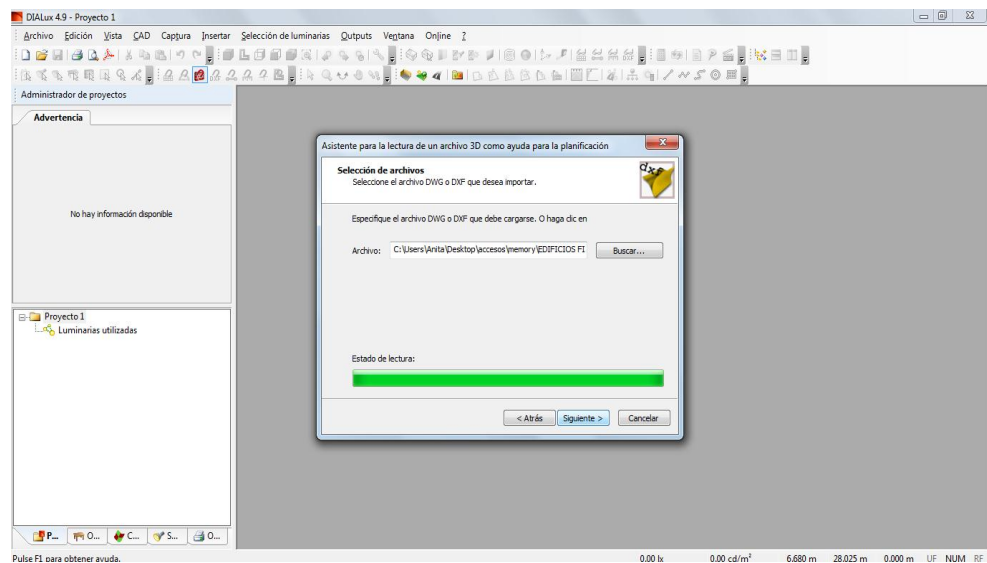


Figura 7: Progreso de carga de archivo

Este paso es sumamente importante en lo que se refiere al diseño ya que en la siguiente ventana se determinan las unidades de medida en las cuales se encuentra diseñado el archivo del plano, ya que si nosotros cambiamos por ejemplo de metros a pies, se complicaría el cálculo de las ubicaciones de las luminarias, es por eso que de este paso depende mucho la ubicación de las luminarias dentro del plano como se observa en la figura 12.

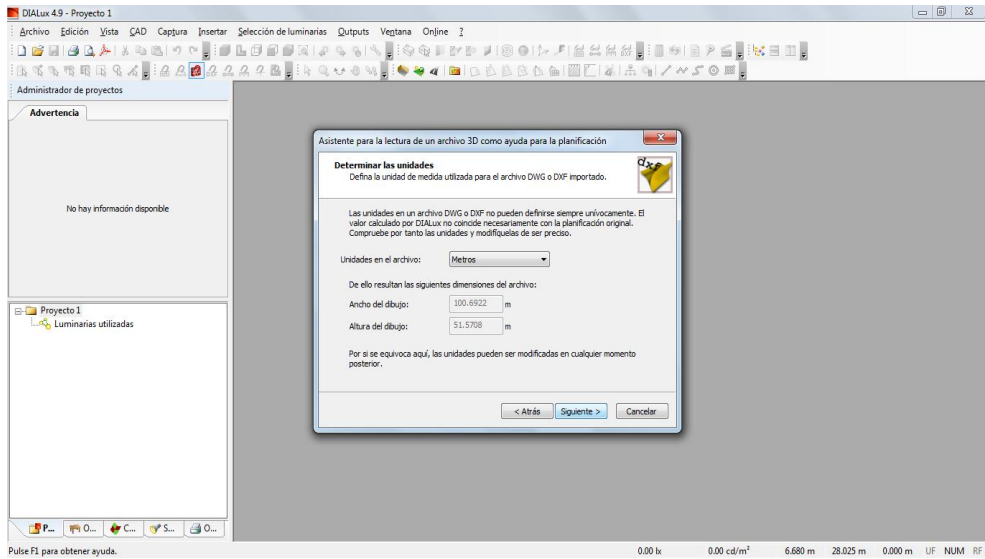


Figura12: Determinar las unidades de medida del archivo

En este paso, el software determina automáticamente el origen del plano para realizar la introducción del nuevo local a diseñar, es por eso que en este paso la única acción que debemos realizar es presionar el botón siguiente ver figura 13.

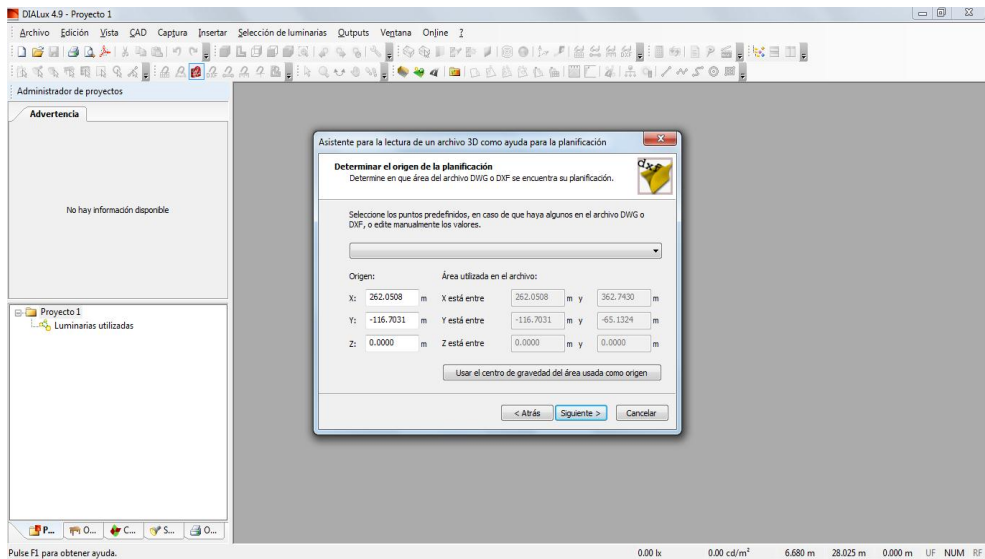


Figura13: Origen de planificación

El último paso para importación de archivos es un pequeño resumen de todas las acciones previas que se realizaron para la importación, pulsamos el botón de finalizar para ubicarnos en la ventana principal del software como se observa en la figura 14.

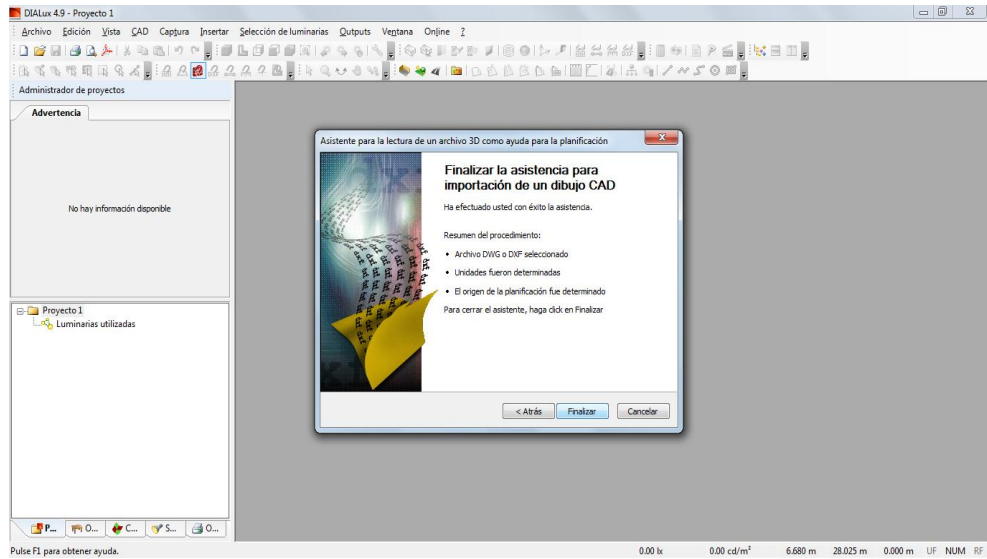


Figura14: Finalización del asistente de importación

Insertar nuevo local

Ya se ha realizado los pasos para importar un plano hacia nuestro software de diseño y se ha dado las medidas de nuestro plano.

Luego se inserta un nuevo local ubicando el puntero en la ventana principal del DIALux, dando click derecho en la carpeta del explorador de proyectos y seleccionamos la opción “**Insertar nuevo local**”, ver figura 15.

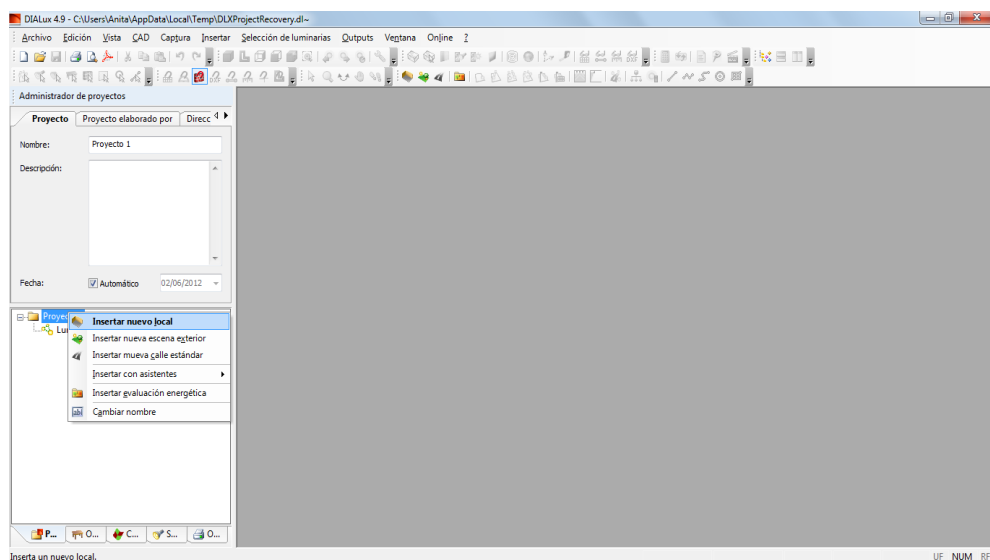


Figura15: Insertar nuevo local

En la figura 16 se visualizan 4 puntos de selección, estos puntos nos servirán como vértices de las esquinas de nuestro local a dibujar en el software de

simulación, como es nuestro caso necesitamos varios puntos de intersección, los cuales aumentaremos dando click derecho sobre la línea que estamos trazando y automáticamente el DIALux asigna un nuevo punto, el cual lo utilizaremos para las intersecciones requeridas.

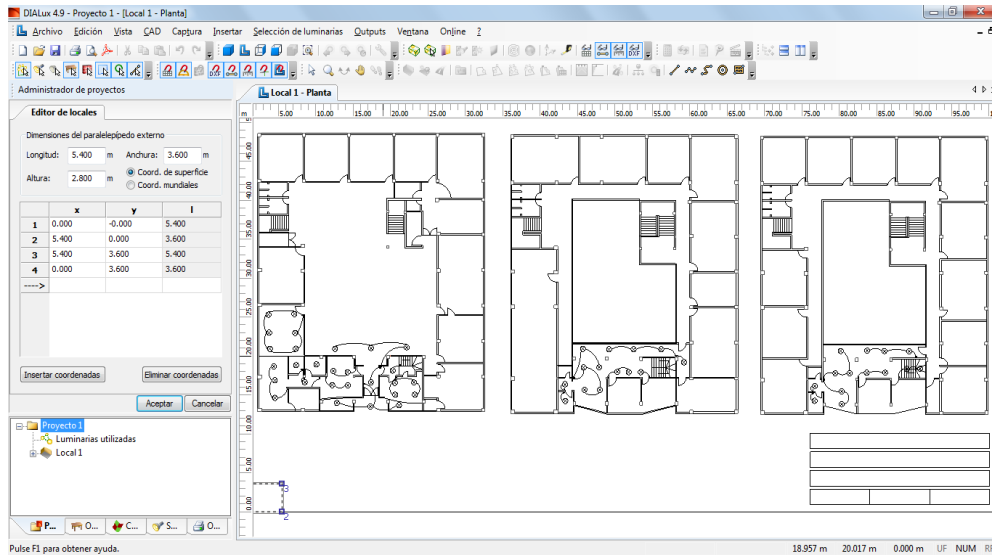


Figura16: Puntos del local

En el editor de locales se encuentra toda la información requerida de nuestro local añadido al proyecto ver figura 17.

En este editor debemos establecer la altura de nuestro local, ya que esto dependerá también a un futuro de la iluminación con la que cuenten las diferentes oficinas, la misma altura será utilizada tanto para los cálculos como para el simulador.

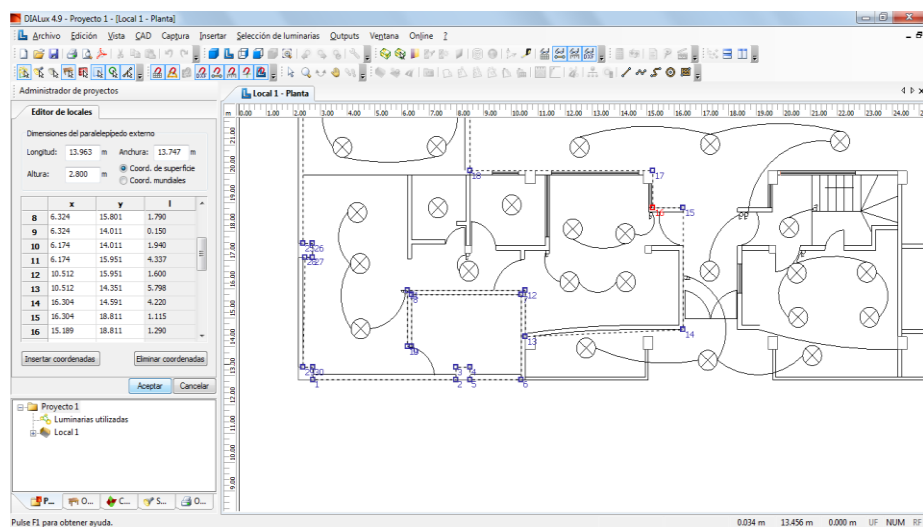


Figura17: Editor de un local

Después de haber hecho un bosquejo del local a para el diseño de la iluminación, procedemos a visualizar en varias vistas con las que cuenta DIALux, este menú se lo puede visualizar dando click derecho en el explorador de proyectos, ubicándonos en el local 1 ver figura 18.

Dentro de las acciones que se pueden realizar con este menú son las del cambio de nombre al local, borrar, duplicar el local, etc dentro de las más básicas.

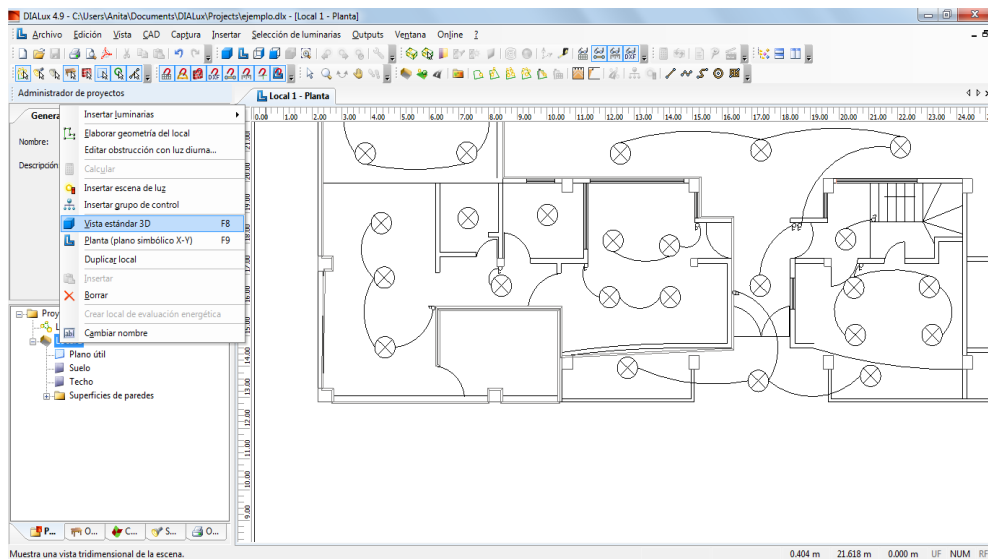


Figura18: Menú de opciones del local

Después de seleccionar la vista en 3D, nos podemos dar cuenta de que este software permite trabajar de una forma más real, en lo que se refiere a las construcciones como se observa en la figura 19.

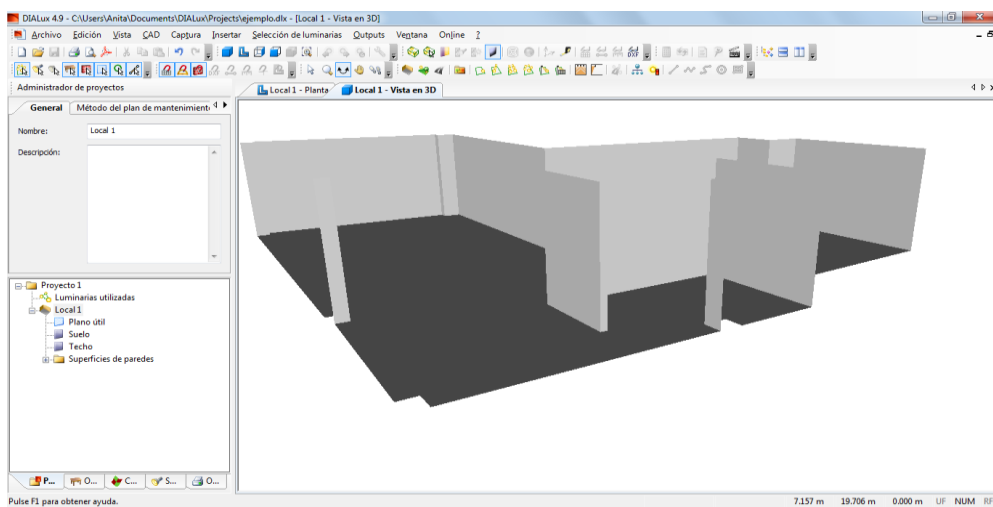


Figura 19: Vista en 3D del local

Selección de las luminarias

La parte principal de un diseño de un sistema de iluminación es la selección de las luminarias, en este procedimiento, el software consta con un sin número de catálogos de las más importantes empresas dedicadas a la construcción de luminarias a nivel mundial.

Para nuestro diseño seleccionaremos a la empresa “**PHILIPS**”, ya que es una de las empresas más reconocidas y que dispone de distribuidores a nivel de latino américa, ver fig. 20

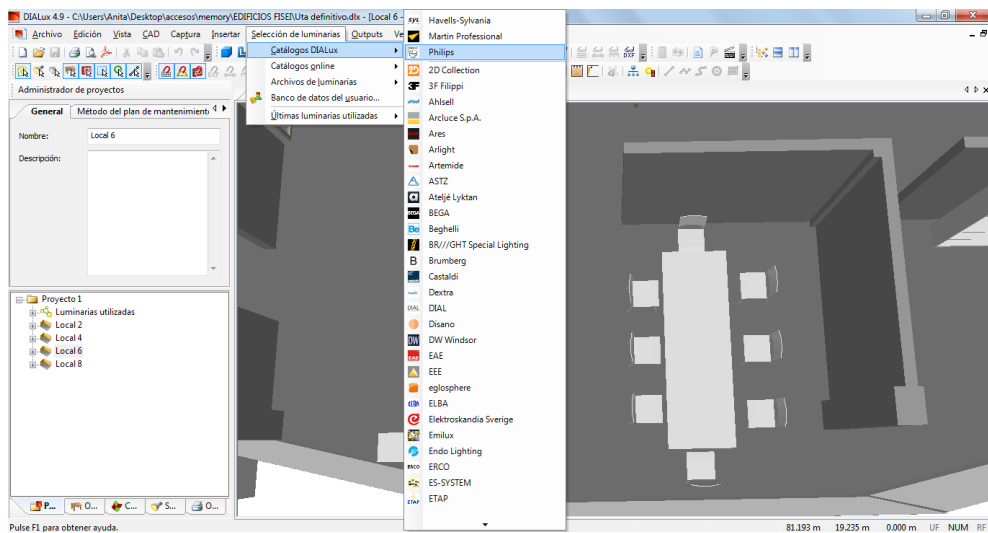


Figura 20: Selección de catálogo de las luminarias

En la siguiente ventana observamos la presentación del catálogo Philips, ver figura 21.

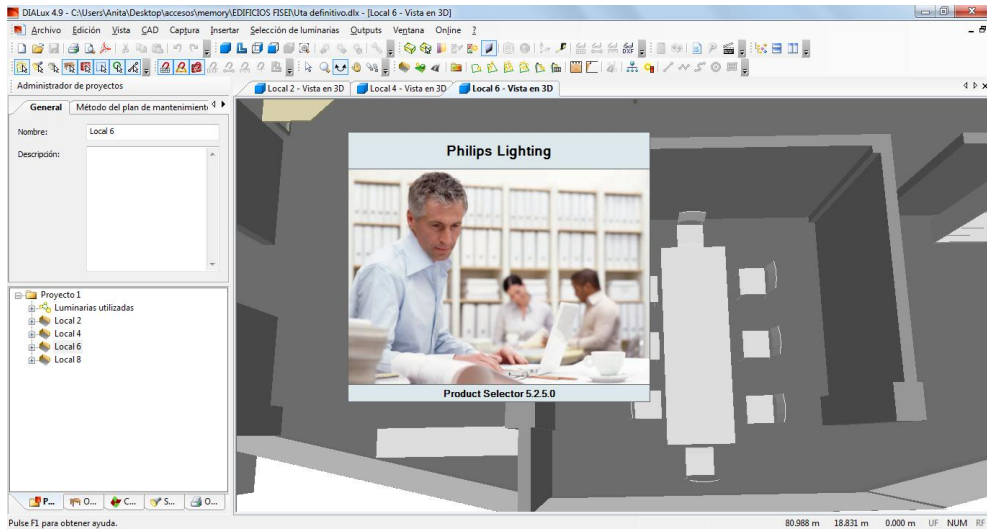


Figura 21: Presentación de los catálogos

En figura 22 se observa el formulario con el cual cuenta la empresa Philips en su base de datos para realizar la búsqueda de las luminarias

Figura 22: Formulario para la búsqueda de la luminaria (PHILIPS)

A continuación se procede a ingresar los datos de las luminarias que hemos decidido utilizar, en este caso vendrían a ser las luminarias con el código “TBS 466”.

Como siguiente paso se visualiza todas las diferentes potencias de las luminarias, con los cálculos realizados anteriormente, se decidió por las luminarias que utilizan 2 lámparas TL5 de 28W, estas lámparas son de un diámetro menor a las que se encuentran instaladas actualmente en el edificio, y su flujo luminoso es el ideal para oficinas y salas de reuniones.

También en la figura 23 podemos ver el diagrama polar de la luminaria con su respectiva cobertura en los diferentes ángulos.

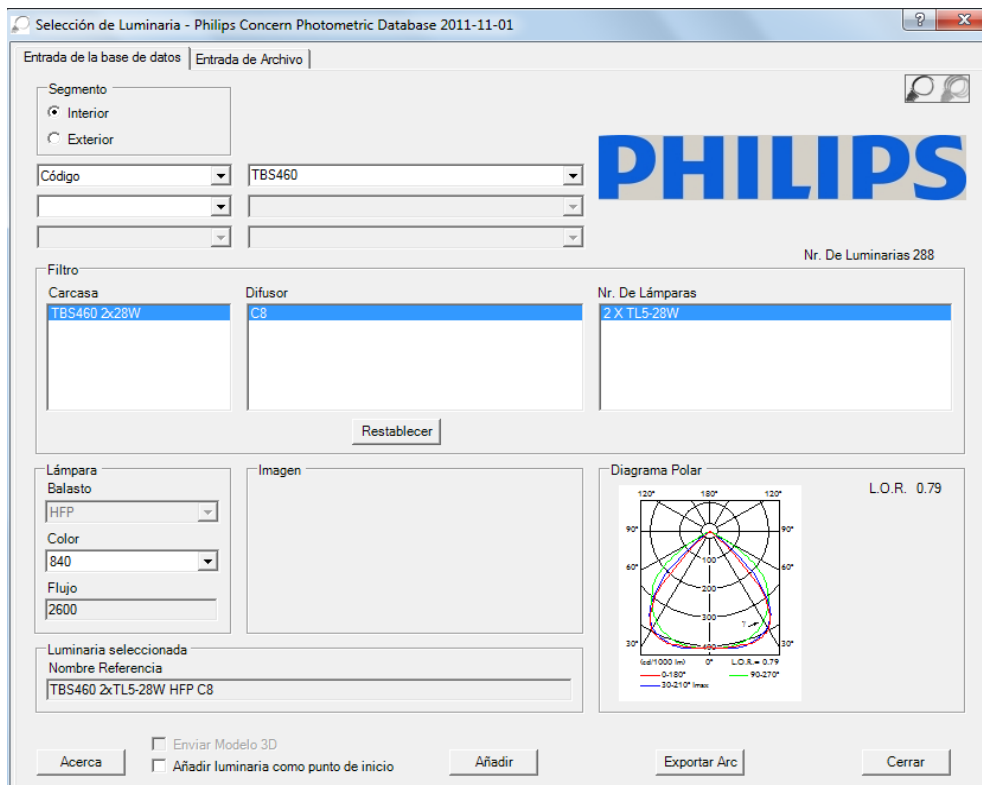


Figura 23: Selección de la luminaria en la base de datos

Ya teniendo seleccionadas las luminarias para las oficinas, procedemos a analizar la distribución con la que vamos a diseñar cada una de las oficinas del edificio.

DIALux ofrece tres distribuciones de las luminarias estas pueden ser:

- Individual
- Lineal
- De campo
- Circular

Para el caso del diseño optamos por la distribución de campo, ya que esta nos permite seleccionar el largo y el ancho de la oficina o lugar donde se va a realizar el diseño de la iluminación, ver figura 24.

La distribución lineal se ocupa para lo que son pasillos o corredores ya que esos lugares son en forma lineal y angostos en comparación a una oficina de trabajo.

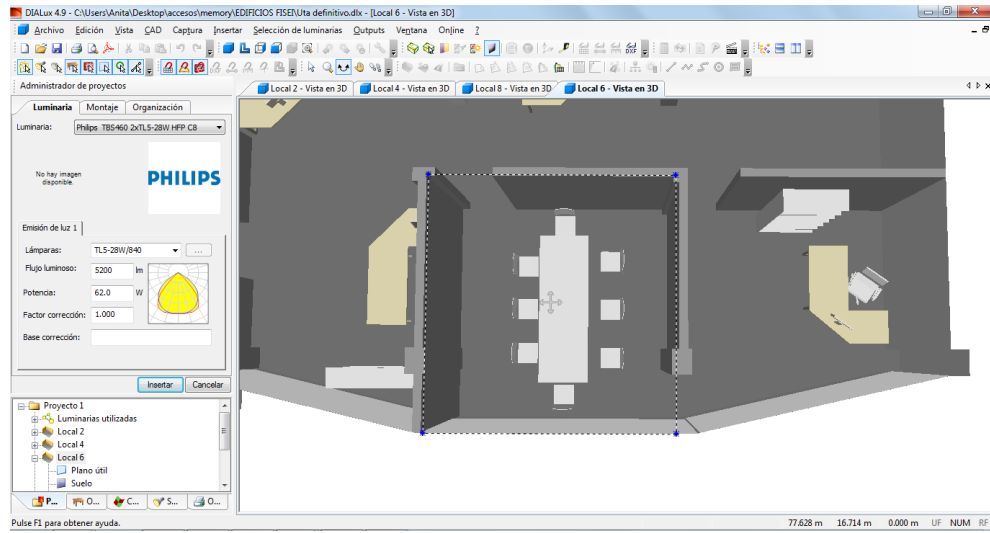


Figura 24: Distribución de campo para locales