

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA



# TESIS

## ESTUDIO Y PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADA AL EDIFICIO DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELECTRICO ELECTRÓNICO

PRESENTA:  
NATALIA LEÓN DOMÍNGUEZ

DIRECTOR DE TESIS: ING. AUGUSTO SÁNCHEZ CIFUENTES

CIUDAD UNIVERSITARIA



# AGRADECIMIENTOS

---

Primeramente quiero agradecer a mis padres que me han dado todas las herramientas para salir adelante, por toda su paciencia, su amor y su confianza. A mi mamá Martha quiero agradecer por demostrarme que aunque uno caiga, no importa el tiempo que tardemos, siempre hay que levantarse con más ganas de seguir adelante. A mi papá Juan por enseñarme que, aunque la vida es difícil, siempre hay que luchar y dar todo de sí y más. A mi tío Arturo, mi tía Gina y a mi princesita Frida por sus consejos y su inspiración.

A mi esposo Noe por estar cuando más lo necesito, por escucharme, por hacerme sentir que el amor lo puede todo y darme ese empujón que se necesita cuando nos estamos rezagando en el camino.

A mis hermanas Aleida y Giselle, que hemos crecido juntas, vivido tantas cosas y aunque en distancia nos hemos separado, sé que siempre van a estar a mi lado.

A mi familia Domínguez ya que siempre han confiado en mí.

A mi familia Mora, por la calurosa bienvenida que me dieron, a mis suegros Benita y Fortunato por todo el apoyo y sobre todo por permitirme estar con su hijo.

A mi familia León por aquellos momentos divertidos que pasamos.

Sobre todo a los compañeros y amigos del Programa de Ahorro de Energía, que me brindaron todos los conocimientos que necesité para la realización de este trabajo, que siempre tuvieron la disposición de ayudarme cuando lo necesité, al Ing. Augusto, a la Ing. Silvina, a Pato, Héctor, Erick, Daniel, Arturo, a Amparito y a Lupita, siempre estaré agradecida con ustedes.

Así también agradezco a mis amigos de la carrera que hicieron que las todas las desveladas y la gastritis provocadas por los exámenes y proyectos finales se hicieran leves, Lulú, Jacqui, Rikrul, Taylor, Mike, Pavel, Richi san, a las Caracolitas, las Escorpionas.

Y claro que agradezco de todo corazón a la Facultad de Ingeniería y a la Universidad Autónoma de México, siempre será un orgullo pertenecer a esta institución.

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	4
CAPÍTULO I.....	6
INTRODUCCIÓN .....	6
I.1 CONCEPTOS BÁSICOS .....	6
Eficiencia energética .....	6
Diagnóstico energético.....	7
Indicadores energéticos .....	9
Facturación eléctrica .....	10
Equipos de medición de parámetros eléctricos.....	13
Definiciones de iluminación.....	14
Fuentes de iluminación .....	15
I.2 ANTECEDENTES DEL EDIFICIO .....	18
I.3 USOS Y COSTUMBRES DE OPERACIÓN .....	19
CONCLUSIONES.....	21
CAPÍTULO II.....	22
INTRODUCCIÓN .....	22
II.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS .....	22
II.1.1 DEMANDA .....	22
II.1.2 TENSIÓN .....	24
II.1.3 CORRIENTE .....	25
II.1.4 FACTOR DE POTENCIA.....	27
II.2 CARGAS CONSUMIDORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	28
II.2.1 SISTEMA DE ALUMBRADO .....	28
II.2.2 EQUIPOS ELÉCTRICOS MISCELÁNEOS.....	36
II.2.3 USO GENERAL DE LA ENERGÍA .....	42
II.3 ÍNDICE ENERGÉTICOS .....	44
II.4 PRINCIPALES POTENCIALES DE USO EFICIENTE DE ENERGÍA.....	44
CONCLUSIONES.....	45
CAPÍTULO III.....	46

INTRODUCCIÓN .....	46
III.1 SISTEMA DE ALUMBRADO .....	47
III.1.1 DISEÑO DE ALUMBRADO .....	47
III.1.3 PROPUESTA DEL CAMBIO DE LUMINARIAS.....	48
III.2 EQUIPOS MISCELÁNEOS .....	59
III. 3 ÍNDICES ENERGÉTICOS PROPUESTOS .....	60
CONCLUSIONES.....	61
CAPÍTULO IV .....	62
INTRODUCCIÓN .....	62
IV.1 FACTURACIÓN.....	64
IV.2 ILUMINACIÓN .....	66
Determinación de los costos de inversión.....	67
IV.3 MISCELÁNEOS.....	70
Determinación de los costos de inversión.....	71
CONCLUSIONES.....	72
CAPÍTULO V .....	73
RECOMENDACIONES.....	75
ANEXOS .....	76
ÍNDICE DE TABLAS.....	76
ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS.....	77
PLANOS ELÉCTRICOS ACTUALES .....	80
PLANOS ELÉCTRICOS PROPUESTOS.....	83
BIBLIOGRAFÍA .....	87

## INTRODUCCIÓN

La sociedad humana, a través de la historia, se ha valido del uso de la tecnología para aprovechar los recursos naturales con el fin de transformar su entorno en algo más confortable y práctico.

En los inicios de las comunidades, cuando la población era pequeña en cantidad, las actividades humanas utilizaban los esfuerzos físicos de los individuos; más adelante, conforme aumentaba la población y por lo tanto la demanda de espacio, alimentos y servicios, se necesitó crear nuevos procesos técnicos para mejorar el rendimiento de las labores cotidianas, así comenzaron a utilizar a los animales para realizar nuevos procedimientos de trabajos.

Junto con el crecimiento de las comunidades, se iban requiriendo innovaciones tecnológicas para proveer de recursos a las nuevas generaciones. Una de las características de las nuevas tecnologías fue la de contar con energía suficiente y estable, con el fin de lograr que el esfuerzo humano fuera menor. Así llegamos a la etapa de la Revolución Industrial, período que representa un parteaguas en la generación de energía para las tecnologías de la producción. Sin embargo, los nuevos procesos de producción energética no siempre han sido respetuosos de la naturaleza, un ejemplo es que con el invento de la máquina de vapor, la leña comenzó a utilizarse como combustible, lo que llevó a la tala indiscriminada de árboles, iniciándose así problemas ecológicos para las comunidades humanas.

Con las constantes innovaciones tecnológicas de producción surgieron diferentes formas para obtener la energía, como fueron los molinos de agua y de viento, el motor de vapor, etc. Éste avance tecnológico está aparejado con la necesidad de usar fuentes de energía que produjeran más potencia, por ejemplo, un motor de vapor dio paso a un motor de gasolina, se usan por primera vez los combustibles fósiles, los cuales abren camino para la evolución de la sociedad como actualmente la conocemos.

Pero evidentemente los usos desordenados de tales energías han llevado a que siempre sea insuficiente su producción, aunado a esto tenemos un crecimiento exponencial de la población humana.

Actualmente el suministro de energía eléctrica está comenzando a ser insuficiente, siendo rebasado por la demanda, esto debido a que la población humana ha crecido exponencialmente y muchas de nuestras actividades requieren de este tipo de energía, así como la producción de bienes y servicios. Es por ello que se deben buscar soluciones para superar la "crisis energética" que se está presentando. Una solución es buscar la liberación del uso del petróleo como fuente principal energía, utilizando energías alternativas que sean renovables (eólica, solar, geotérmica, biomasa, etc.), sin embargo, ésta sería una solución a largo plazo debido que el costo actual de la transición sería muy elevado. La acción inmediata, que es la más viable y está al alcance de todos, es practicar el uso eficiente de la energía.

## **OBJETIVOS.**

### **GENERAL**

Plantear un proyecto para la aplicación del uso eficiente de la energía eléctrica, en el edificio de la División de Ingeniería Civil y Geomática (DIC y G), basado en un estudio energético previo, todo ello con el fin de demostrar que los beneficios de dichos proyectos son instantáneos y económicamente ventajosos.

En este trabajo se hace un estudio de cómo se puede llevar a cabo un proyecto de disminución en el consumo de energía eléctrica sin afectar las actividades cotidianas de la sociedad.

El proyecto surge de la necesidad de remodelar y ampliar un edificio dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); la construcción corresponde a la División de Ingeniería Civil Geomática (DIC y G), la cual, debiendo estar a la vanguardia por pertenecer a una institución educativa, requirió de un estudio energético para asegurar que sus nuevas instalaciones eléctricas fueran eficientes.

Para efectuar el estudio se hace un diagnóstico energético para conocer cuándo, cómo, dónde y cuanto se está utilizando de energía eléctrica en el edificio de la DIC y G, si es que la mayor parte de la energía está siendo aprovechada, si existen pérdidas, si los parámetros (voltaje, frecuencia, corriente, factor de potencia) que se están registrando son los adecuados para que el consumo energético sea el más eficiente, si los índices energéticos se encuentran dentro de las normas, todo ello para saber cómo se puede mejorar el uso de la energía eléctrica.

Se presentan propuestas de mejoramiento a los problemas que se encontraron al realizar el diagnóstico energético.

Se incluye el análisis financiero que se requiere para decidir si el proyecto propuesto es viable económicamente o no. Aunque cabe mencionar que al realizar cualquier mejora orientada al uso eficiente de energía, siempre será vital para continuar con el proceso de reducción del consumo energético mundial.

### **CAPITULO I: MARCO TEÓRICO**

Familiarizarse con los conceptos básicos que se mencionan a lo largo del trabajo, así como para tener un panorama amplio del uso que se le da al edificio de la División de Ingeniería Civil y Geomática, y las diferentes costumbres que tienen los usuarios del mismo.

## **CAPÍTULO II: SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL**

Determinar el escenario en el que nos encontramos, con el fin de establecer el plan de acción. Para ello:

- ✓ Se realiza un análisis de parámetros eléctricos.
- ✓ Se realiza un censo de cargas consumidoras de energía eléctrica para determinar cómo se usa.
- ✓ Se calculan los índices energéticos.
- ✓ Se determinan los principales potenciales donde se puede mejorar el uso de la energía.

## **CAPÍTULO III: PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA EFICIENTE**

En base a las observaciones y resultados obtenidos en el Capítulo II, se planteará un proyecto de uso eficiente de las instalaciones eléctricas. En este capítulo se analizan los aspectos técnicos y los beneficios energéticos que aportaría aplicarlo.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS FINANCIERO**

En este capítulo se definirá si el proyecto propuesto es aceptable en términos económicos, por lo que se hace un análisis de los principales parámetros financieros como son el valor presente neto, tasas de retorno, tiempo de recuperación, etc.

# CAPÍTULO I

## *MARCO TEÓRICO*

### **INTRODUCCIÓN**

Uno de los principales problemas que se enfrenta el mundo en el actual siglo debe ser el suministro de energía, por ende es importante aprovecharla de forma responsable en lo individual, y a su vez atender las actividades económicas, laborales y sociales que se realizan en la institución. El actual estudio se hace con el fin de verificar el uso eficiente de la energía eléctrica y proponer medidas preventivas y correctivas, en caso de que se necesiten.

### **I.1 CONCEPTOS BÁSICOS**

#### **Eficiencia energética**

La eficiencia energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestra calidad de vida pero protegiendo al medio ambiente. Todo de acuerdo a un proceso de mejora continua, basado en cuatro etapas: medir, establecer plan de acción, automatizar y, controlar y mejorar (Leonardo, 2010).

1. La medición: Esta etapa es la base, ya que nos indica dónde nos encontramos, dónde están los principales consumos, cuál es el patrón de consumo, etc. El objetivo de la medición es saber dónde, cómo, cuándo y por qué consumimos energía.
2. Plan de acción: Esta etapa consiste en la implementación de las acciones, como reemplazar tecnología vieja por nuevas de bajo consumo.
3. Controlar: Cualquier elemento que consume energía debe ser controlado de forma activa, para lograr ahorros constantes.
4. Mejoramiento: La supervisión es indispensable para obtener información real, y con ella llevar a cabo procesos de mejora; por lo que es necesario disponer de un sistema de supervisión que nos proporcione información constantemente.

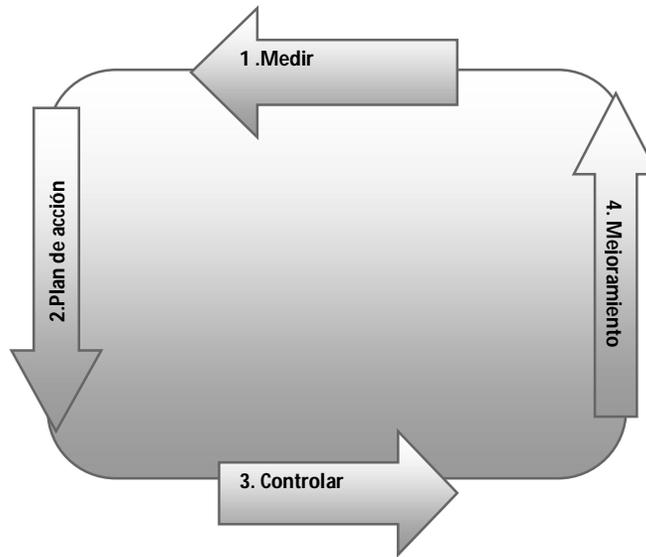


Figura I.1 Las 4 etapas del proceso de mejora continua de la eficiencia energética.

## Diagnóstico energético

El diagnóstico energético es un instrumento indispensable para medir la eficiencia energética, se fundamenta en la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con que es utilizada la energía. Se basa en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, a través de una inspección minuciosa de las instalaciones consumidoras de energía, con el objetivo de obtener un análisis detallado de los consumos y la forma en que se usa la energía para la implementación y control de un programa de ahorro de energía.

Los objetivos del diagnóstico energético son establecer metas de ahorro de energía, diseñar y aplicar un sistema integral para dicho ahorro de energía, evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía y disminuir el consumo de energía sin afectar los niveles de producción. (Labrador)

Para determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía se requieren realizar diversas actividades:

- Medir los distintos parámetros eléctricos.
- Realizar un levantamiento eléctrico.
- Registrar las condiciones de operación de equipos e instalaciones, así como usos y costumbres de los usuarios.
- Calcular los índices energéticos.

- Determinar los potenciales de ahorro e implementar medidas para conseguir la disminución en el consumo energético.

### *Tipos de diagnósticos*

Para facilitar el uso del diagnóstico energético se ha concebido una clasificación por grados.

*Diagnóstico Energético de Primer Grado:* Mediante este diagnósticos se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con poca inversión. Consiste en la inspección visual del estado de las instalaciones, el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación; así como el análisis de la información estadística de consumos y gastos por concepto de energía eléctrica y combustibles.

Al realizar estos diagnósticos se deben considerar los detalles detectados visualmente y que se consideren como desperdicios de energía; se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros producto de la administración de la demanda de energía eléctrica y de la corrección del factor de potencia.

*Diagnóstico Energético de Segundo Grado:* Comprende la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos en su uso, como sistemas de cómputo, sistemas de iluminación, equipos misceláneos, entre otros. Este tipo de diagnóstico requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos.

*Diagnóstico Energético de Tercer Grado:* Consiste en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipos especializados de medición y control. Debe realizarse con la participación de especialistas de cada área, auxiliados por el personal de ingeniería. En estos diagnósticos es común el uso de técnicas de simulación de procesos, con la finalidad de estudiar diferentes esquemas de interrelación de equipos y procesos. Además, facilitan la evaluación de los efectos de cambios de condiciones de operación y de modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, así como de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes.

Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos y procesos, e incluso de las tecnologías utilizadas. Debido a que las inversiones de estos diagnósticos son altas, la evaluación económica debe ser rigurosa en cuanto al período de recuperación de la inversión. (Labrador)

## Indicadores energéticos

Los indicadores son relaciones aritméticas cuyos valores resultantes indican la intensidad de los consumos de energía por unidad de referencia. Se utilizan para determinar el nivel de eficiencia energética de consumos.

La NOM007-ENER nos habla de un importante indicador de eficiencia energética, la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA), al que define como un índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción; se expresa en W/m<sup>2</sup>.

La determinación de las DPEA está dada por la expresión I.1 (Oficial, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios, 2004):

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}} \dots\dots (I. 1)$$

Los valores de DPEA que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior de los edificios de la Norma Oficial Mexicana no deben exceder los valores de la tabla I.1.

Tipo de edificio	DPEA (W/m <sup>2</sup> )
<b>Oficinas</b>	
Oficinas	14
<b>Escuelas y demás centros docentes</b>	
Escuelas	16
Bibliotecas	16

Tabla I.1. Densidades de Potencia eléctrica para alumbrado

Otros indicadores energéticos importantes son:

- Índice de consumo de energía eléctrica (ICEE), se expresa en kWh/m<sup>2</sup> y se calcula como en la expresión I.2.

$$ICEE = \frac{\text{Consumo total [kWh]}}{\text{Área total del edificio [m}^2\text{]}} \dots\dots (I. 2)$$

Este valor debe estar por debajo del valor del Índice Máximo de Consumo de Energía Eléctrica (IMCEE) de 100, establecido por CONUEE para edificios de oficinas de la región Centro.

## Facturación eléctrica

Las tarifas eléctricas tienen como objetivo establecer y fijar un precio que deberá pagar el usuario de acuerdo a las condiciones en las que se efectúa el suministro de energía para lo cual incluyen en sus recibos los costos por generación, transmisión y distribución, mantenimiento, impuestos, etc.

Existen tres conceptos fundamentales para formular las facturas sobre el consumo de la energía eléctrica:

- Demanda Máxima Facturable (kW)
- Energía Consumida (kWh)
- Factor de potencia (F.P.)

Existen otros conceptos que forman parte de la facturación y que en ocasiones se utilizan para realizar cobros adicionales o bonificaciones. En la actualidad para fomentar el ahorro de energía se han creado tarifas preferenciales en las cuales se hace referencia a estos conceptos:

- Horarios de uso
- Temporada del año
- Factor de potencia
- Medición en baja tensión
- Cargos por Mantenimiento

Así como también la estructura actual de las tarifas de energía eléctrica en nuestro país considera las diferencias regionales, estaciones del año, horarios de consumo, nivel de la tensión de suministro y demanda, clasificándolas según tres parámetros:

- La región geográfica donde se localiza el centro de consumo.
- La tensión de suministro al centro de consumo.
- La demanda de energía contratada.

A continuación se presentan términos y definiciones relacionados con el tema de tarifas eléctricas con la finalidad de hacer más comprensible dichos conceptos, además de ilustrar los beneficios del uso eficiente de la energía.

### *Demanda Eléctrica.*

Es la potencia eléctrica que presentan todos los dispositivos que requieren de energía eléctrica para su operación. Una lámpara incandescente (foco común) de 100 W en casa demanda de la red 100W, es decir su potencia eléctrica es de 100 W. El término "Demanda" generalmente, se refiere al valor promedio de una potencia medida sobre un intervalo de tiempo. Un conjunto de cargas no siempre operan al 100%, posiblemente tampoco todo el tiempo ni al mismo tiempo.

### *Demanda Máxima.*

Es la demanda medida en kilowatts [kW] para toda la instalación (durante un período de 15 minutos) y que resulta mayor que en cualquier otro período de medición. La demanda máxima media se determina mensualmente por instrumentos de medición que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos rolado a 5 minutos (cada demanda promedio de 15 minutos es entonces el promedio de los valores previos obteniendo el promedio rolado)

### *Demanda Facturable.*

Este concepto es aplicable para las tarifas horarias, en el caso de que no se trate de una tarifa horaria la demanda facturable es la demanda máxima, la compañía suministradora la define como se establece a en la ecuación I.3 (CFE, Conoce tu tarifa):

$$Df = Dp + [FRI * \max(Di - Dp, 0)] + [FRB * \max(Db - Dpi, 0)] \dots \dots (I. 3)$$

Donde:

Df. Es la demanda facturable que calcula y cobra el suministrador

Db. Es la demanda máxima medida en el periodo base

Di. Es la demanda máxima medida en el periodo intermedio

Dp. Es la demanda máxima medida en el periodo punta

Dpi. Es la demanda máxima medida en los periodo de punta e intermedio

FRI, FRB. Son factores de reducción que tienen los siguientes valores dependiendo de la región tarifaria.

$$\text{Región Centro: } FRI = 0.30 \text{ y } FRB = 0.15$$

Nota: En las fórmulas el símbolo "max" significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Lo importante a destacar en ésta fórmula es que cuando sucede que la demanda máxima medida en el periodo punta es la mayor de las otras dos, ésta se convierte automáticamente en la demanda facturable.

$$Df = Dp \dots \dots (I. 4)$$

### *Energía Consumida.*

Es el producto de la potencia por el tiempo, es la suma de todas las demandas instantáneas medidas durante un cierto periodo típicamente un mes. Regresando a la cita de la lámpara incandescente si ésta permanece encendida de forma continua durante 8 horas del día al 100%, la energía consumida habrá sido  $100 \times 8 = 800$  Wh o bien 0.8 [kWh] en ese periodo. La manera en que se registra este parámetro es a través de un sistema de medición ya sea por medios analógicos o digitales, en donde se acumula el consumo total de energía en el período de facturación.

### *Facturación Básica Mensual (F.B.M.).*

Es el cobro compuesto por los costos asociados de demanda y consumo de energía típicamente en un mes.

### *Factor de Potencia.*

En la actualidad la mayor parte de las cargas son combinadas: activas + reactivas. A la suma de estas dos (suma vectorial) se le conoce como potencia aparente [KVA] o total del sistema. De lo anterior se deriva un parámetro que es el Factor de Potencia (F.P.), el cual se expresa como la relación entre la Potencia Activa o Real y la Potencia Aparente o Total del sistema. Las facturas de consumo de energía eléctrica se basan en las mediciones de la demanda y consumo de la energía activa.

La compañía suministradora establece que se deberá mantener un Factor de Potencia de por lo menos el 90%, en caso de no cumplir se aplicarán recargos cuando el Factor de Potencia sea menor al 90% y se hará acreedor a una bonificación cuando el Factor de Potencia sea mayor al 90%. Las bonificaciones y penalizaciones se determinan de la siguiente manera:

Fórmula de Recargos por bajo factor de potencia I.5 (CFE, Conoce tu tarifa):

$$\text{Porcentaje de Recargos} = 3/5 * \left( \frac{90}{\text{F.P.}} - 1 \right) * 100 \dots \dots \dots (I.5)$$

Fórmula de Bonificación por factor de potencia I.6 (CFE, Disposiciones 03):

$$\text{Porcentaje de Bonificación} = 1/4 * \left( 1 - \frac{90}{\text{F.P.}} \right) * 100 \dots \dots \dots (I.6)$$

En donde el máximo porcentaje de bonificación es de 2.5 % sobre la Facturación Básica Mensual, y la máxima penalización es de 120% sobre la F.B.M.

### *Horarios de Facturación.*

Las tarifas eléctricas varían en sus costos de energía según la demanda en kW, el horario en el que se consume, la tensión de suministro y la región tarifaria para distintas temporadas del año, debido a esto, se tienen diferentes periodos de consumo los cuales son:

- Período de Punta.
- Período Intermedio.
- Período Base.

### *Factor de Carga.*

Es la relación que existe entre la demanda media y la demanda máxima. Si el consumidor utiliza la capacidad total, es decir, la demanda máxima, durante las 24 horas diariamente, se dice que está operando al 100% de su carga o de su factor de carga. Este factor se determina por las ecuaciones 1.7 y 1.8:

$$\text{Factor de Carga} = \text{kW Demanda Media} / \text{kW Demanda Máxima} \dots \dots (1.7)$$

$$\text{kW Demanda Media} = \text{kWh Mensuales} / \text{Horas Totales del período de facturación} \dots \dots (1.8)$$

El mantener altos índices de Factor de Carga permite hacer uso de las tarifas preferenciales en donde se tienen menores costos por energía consumida en el periodo base.

Idealmente, si un usuario mantiene un 100% de factor de carga, esto significa que nunca tiene picos de demanda por arriba de su promedio, por lo que está usando la energía en la forma más eficiente posible.

### **Equipos de medición de parámetros eléctricos.**

Para realizar este tipo de estudios se requieren equipos especiales para obtener los datos que nos darán los parámetros a analizar.

#### *Amperímetro de gancho.*

El amperímetro de gancho es una tenaza que mide amperes que nos va a mostrar los parámetros de intensidad de corriente en una línea. En el mercado existen una gran variedad de modelos y marcas por lo que sus rangos varían de acuerdo al modelo y la capacidad a medir, aquí se muestra algunos rangos de operación de algunos equipos:

*Características:* En Baja Tensión los rangos de medida son: 60/150/300/600/1200 Amperes y en Alta Tensión existen equipos para medir, directamente en redes de alta tensión, voltaje, corriente, factor de potencia, armónicas, energía, etc. Miden voltajes de hasta 40 kV y corrientes de hasta 3000 Amperes en redes de 230 kVA.

### *Analizador eléctrico de redes.*

El analizador eléctrico de redes, es un equipo portátil y de fácil manejo. Este equipo determina la calidad de la energía eléctrica, analiza la distorsión armónica en voltaje y corriente, gráfica la forma de onda en voltaje y corriente, Watts, VAR, VA, Factor de Potencia, distorsión de Volt-Amperes. El equipo puede guardar la información para después cargarla a la computadora por medio de un software para visualizarla y analizarla mejor.

*Características:* Estos equipo son para uso en baja tensión por lo que el voltaje va de 1 a 600 V, la corriente de 0 a 1000 Amperes RMS y la potencia va de 0 a 600 kW. El software contenido tiene capacidad para guardar 21 datos y permiten una distorsión armónica en el voltaje hasta de 31 THD y una distorsión armónica en corriente hasta 31 THD.

### *Luxómetro*

El luxómetro es el aparato que nos va a determinar la intensidad de iluminación existente en un punto. Dependiendo del tipo de trabajo a desarrollar en cierto punto, habrá un nivel óptimo de iluminación.

*Características:* Los luxómetros se componen de un sensor, este sensor utiliza un foto diodo y un filtro de corrección de color. Los rangos de medición pueden ir de 0 a 200 / 400 / 1200 / 4000 / 12000 / 40000 / 120000 luxes.

## **Definiciones de iluminación.**

La iluminación es un fenómeno físico que implica a varios elementos, como son las características de la fuente de luz, la cantidad de energía emitida, la apariencia, la posición, etc. De lo anterior es por lo que existen diferentes conceptos que manejamos para evaluarlo.

### *Flujo Luminoso.*

Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en cierto ángulo sólido, su unidad de medida es el lumen.

### *Lumen.*

Un lumen (lm) es igual a un flujo emitido por una esfera unitaria de cuya intensidad luminosa es de una candela. También se puede interpretar el lumen de forma menos rigurosa como una medida de la "cantidad" total de luz visible en un ángulo determinado, o emitida por una fuente dada.

*Candela (cd).*

Medida de la intensidad luminosa de una fuente en una dirección determinada. El término se ha mantenido desde los primeros tiempos de la iluminación, cuando una vela estándar de tamaño y composición específicos se definía como generadora de una candela en cada dirección. Un trazo de intensidad frente a dirección se denomina curva de distribución de candela, y normalmente se ofrece para lámparas reflectantes y luminarias con una lámpara.

*Luminancia.*

Es la relación entre la intensidad luminosa de un objeto en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección, se define por  $\text{cd/m}^2$ .

*Nivel de Iluminación o Iluminancia.*

Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie, su unidad de medida es el lux. El nivel de iluminación se recomienda en un cierto valor mínimo de luxes de acuerdo a la tarea a desarrollar y tipo de lugar de trabajo.

*Lux.*

El lux (lx) es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para el nivel de iluminación o iluminancia. Equivale a un lumen / $\text{m}^2$ .

## **Fuentes de iluminación**

*Lámpara.*

Es el aparato mediante el cual se transforma la energía eléctrica en energía luminosa. Existen diferentes tipos de lámparas.

*Balastro*

Es el equipo electromagnético o electrónico empleado para operar las lámparas de descarga eléctrica, proporciona a la lámpara sus condiciones de operación correcta.

*Luminario.*

Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar estas lámparas y los necesarios para conectarlas al circuito de utilización eléctrica.

*Eficiencia de una Lámpara.*

Es el flujo luminoso emitido por una lámpara entre la potencia eléctrica que requiere para operar, se expresa como lumen/Watt.



### *Índice de Rendimiento de Color.*

El rendimiento en color de las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores. El índice de rendimiento de color (IRC) es una escala internacional del 1 al 100 que sirve para medir el rendimiento de color de una fuente comparada contra una fuente de referencia estándar de la misma temperatura de color. Expresa el grado con el que los colores se aprecian “naturales” bajo una fuente de luz. En general, cuanto más alto es el IRC mejores son las propiedades de rendimiento de color de la fuente medida. El IRC de dos fuentes de luz cualesquiera sólo debe ser comparado si ambas fuentes son de la misma temperatura de color correlacionada.

Un índice de rendimiento de color adecuado en las oficinas incrementa la productividad del trabajador, se reduce el ausentismo, se disminuye el riesgo de cometer errores y accidentes de trabajo.

## I.2 ANTECEDENTES DEL EDIFICIO

Para la División de Ingeniería Civil y Geomática (DIC y G) es de suma importancia preparar profesionistas que posean una formación multidisciplinaria, conformada con fundamentos en las áreas de Construcción, Estructuras, Geodesia, Cartografía, Geotecnia, Hidráulica, Sanitaria y Ambiental, Sistemas y Planeación, Topografía, Fotogrametría (Portal DIC y G), así como conocimientos y habilidades adicionales que los complementen tanto en tecnología de punta como en áreas afines y de apoyo a su desempeño profesional: computación, comunicación gráfica, informática, administración y evaluación de proyectos, planeación, diseño, organización, operación y conservación de obras civiles.

Ante tal prioridad, resultó necesario plantearse la necesidad de abrir nuevos espacios en los que pudiera realizarse tal labor académica, ya que el inmueble ocupado en ese entonces no satisfacía tal requerimiento. La demanda por parte de alumnos y académicos, de la DIC y G, para tener más y mejores áreas de trabajo indujo a que se tomara la decisión de reubicarlos en el edificio donde actualmente se encuentran establecidos.

La compañía de Ingenieros Civiles Asociados (ICA) fue la que se encargó de la construcción de las nuevas instalaciones del inmueble para la DIC y G.

El edificio se construyó comprendiendo dos niveles, sin embargo nunca se tuvo un plan maestro diseñado para dar mejor distribución de salones, cubículos, áreas secretariales, etc. Por lo que las modificaciones y adecuaciones se han realizado ante las necesidades que se presentan, lo cual ha llevado a que los jefes de departamento hayan tenido que adaptar los locales a los requerimientos de los usuarios (Hernández, 2011).

Tal situación ha propiciado que los espacios y su utilización no sean funcionalmente viables. Ante la falta de un diseño que permitiera una adecuada ubicación y distribución de espacios, tenemos un edificio cuya vida útil va en decremento. Así pues el mantenimiento, reparación y adecuación de los espacios requeridos resulta sumamente precario, insuficiente e insatisfactorio; dando origen a incomodidades y molestias para los usuarios de dichas áreas.

El edificio de la DIC y G fue inaugurado oficialmente en enero de 1987, sin embargo ya se había estado usando con anterioridad.

De igual forma las cargas eléctricas han cambiado, y en la actualidad se tiene mayor uso de equipo de cómputo que cuando se inauguró el edificio, lo que ha generado un aumento en la demanda eléctrica.

### I.3 USOS Y COSTUMBRES DE OPERACIÓN

El edificio de la División de Ingeniería Civil y Geomática (DIC y G) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) está destinado a actividades administrativas y docentes, cuenta con dos niveles con un área construida de 1,449.1 [m<sup>2</sup>], y tiene un horario de actividades de 6:30 a 23:00 horas. La orientación del edificio es sur – norte.

El edificio está constituido por:

RECINTO	CANTIDAD	HORAS DE USO DIARIO
Oficinas	66	10 hrs
Salones de cómputo	2	5 hrs
Pasillos	7	24 hrs
Servicios (baños y bodegas)	7	16 hrs

Tabla I.2. Uso de los recintos

#### OBSERVACIONES:

- ☞ Se mantienen prendidas las luces de los pasillos las 24 horas del día, porque se controlan desde el tablero.
- ☞ No utilizan aire acondicionado.
- ☞ Las ventanas están opacas por la suciedad acumulada.



Foto I.1 Ventanas opacas (segundo nivel)



*Foto I.2 Ventanas opacas (primer nivel)*

- 👁 En algunos cubículos mantienen las cortinas cerradas y prenden las luces a pesar de que la luz natural es suficiente para trabajar.



*Foto I.3 Cortinas cerradas en algunos cubículos (ala Oeste)*



*Foto I.4 Cortinas cerradas en algunos cubículos (ala Este)*

- 👁 El piso en el vestíbulo y en los pasillos son oscuros.



Foto I.5 Vestíbulo con loseta color café



Foto I.6 Pasillos de loseta de vinil color beige

- ☞ La mayoría de los usuarios apagan la luz de su cubículo cuando salen por periodos prolongados.
- ☞ En el área secretarial dejan las computadoras en stand by cuando salen.
- ☞ Existen zonas muy frías dentro del edificio.

## CONCLUSIONES

El edificio de la DIC y G necesita ampliar y redistribuir sus instalaciones para satisfacer las necesidades docentes que están surgiendo.

Se hicieron observaciones acerca de las costumbres de los usuarios del recinto, algunas de ellas nos indican que se tiene la idea de contribuir al uso adecuado de la energía eléctrica, como el aprovechamiento de la luz natural o usar el modo de *Sleep* cuando no se usan los monitores; sin embargo es recomendable seguir promoviendo este tipo de acciones y revisar el mantenimiento de ventanas y luminarias.

## **CAPÍTULO II**

### **SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL**

#### **INTRODUCCIÓN**

Para poder saber cuánto, cuándo, cómo, dónde y por qué se consume la energía eléctrica, se requiere tanto de una inspección detallada de las instalaciones, como de un análisis energético detallado de los consumos y la forma en que se usa la energía eléctrica, todo ello con el fin de establecer su grado de eficiencia en su utilización (CONUEE, 2011).

El edificio de Ingeniería Civil y Geomática se alimenta de la subestación eléctrica del posgrado de Ingeniería Edificio B, cuenta con un tablero general trifásico de 42 polos en la planta baja que distribuye la energía a los tableros derivados en Planta Baja y Primer Nivel, además del sistema de alumbrado y contactos.

Nota: Ver los planos en el Anexo: Planos Eléctricos Actuales.

#### **II.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS**

Se realizó un monitoreo con el analizador de redes eléctricas marca AMPROBE modelo DM-II PRO, para determinar los principales parámetros eléctricos que nos servirán de base al realizar el análisis del sistema; con ello se identifica la curva de demanda de energía durante el día para detectar las principales fugas de energía, de esta manera proponer donde se puede mejorar el aprovechamiento del recuso existente. El periodo del monitoreo fue del día 11 al 18 de junio del 2010, tomando muestras cada 5 minutos.

El suministro de energía eléctrica es por medio del circuito 8 con interruptor termo-magnético de 3x225 A, que está alimentado por la subestación del edificio S de Posgrado, la cual tiene instalado un transformador en aceite marca PROLEC de 225 kVA, que a su vez se alimenta de la subestación General 1 de Ciudad Universitaria, a la que le corresponde una tarifa HM.

A continuación se describen los parámetros conforme a los datos encontrados.

##### **II.1.1 DEMANDA**

La demanda semanal registrada se muestra en la tabla II.1.

DEMANDA [kW]	
Máximo	39.201
Mínimo	9.909
Promedio	18.99

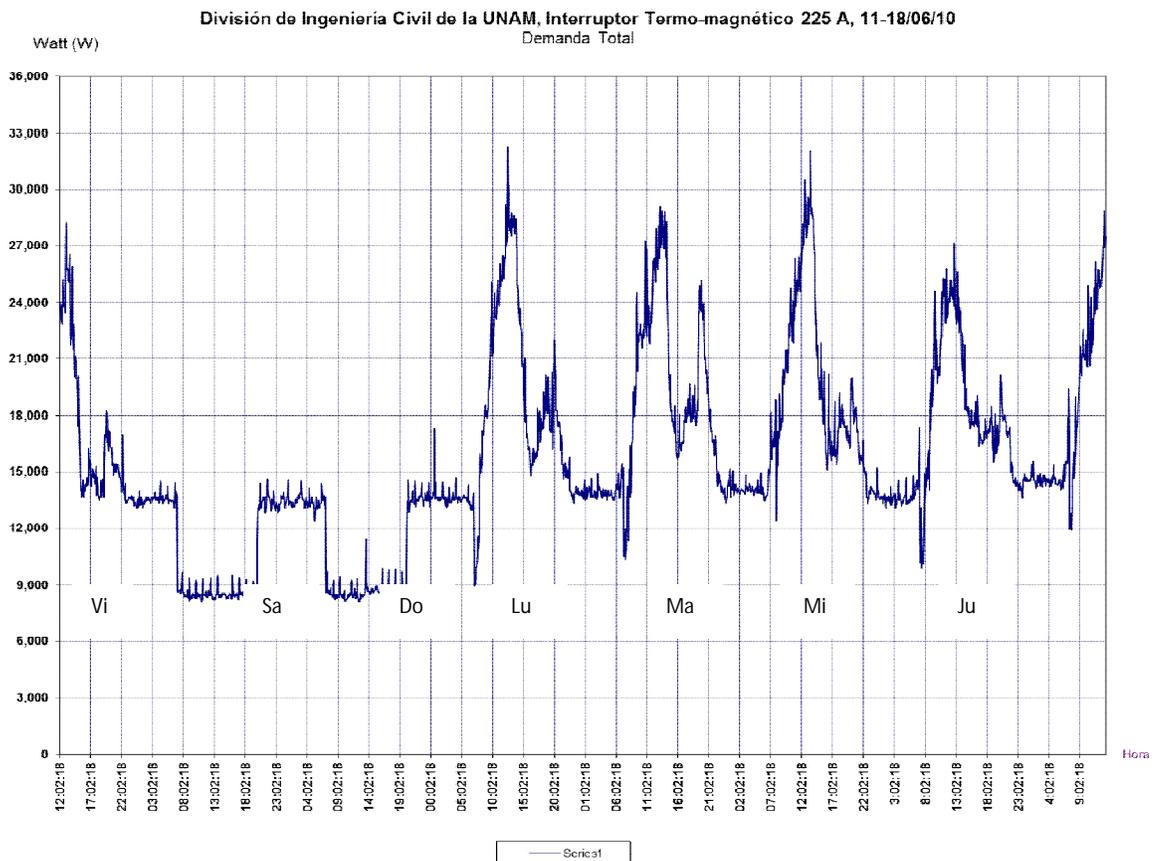
Tabla II.1. Demanda

La capacidad del interruptor es de 359.1 kW y podemos ver que la demanda máxima es de 32 kW, por lo que podemos suponer que está muy sobrado, tenemos que solo se utiliza el 9% de capacidad.

La demanda de energía tiene un comportamiento periódico, se registran incrementos a partir de las 07:00 y hasta las 13:00 horas con valores superiores a 26 kW, que representan el 82 % de la potencia máxima demandada al interruptor. De las 13:00 a las 16:00 horas la demanda de energía decrece hasta registrar valores de 13 kW, generalmente este es el horario de comida y no hay clases. A partir de las 16:00 y hasta las 20:00 horas la demanda de energía vuelve a aumentar hasta valores 19 kW, lo que representa el 60% de la demanda máxima del interruptor. De las 20:00 a las 22:00 horas se registra una disminución de la demanda, finalmente desde las 22:00 horas y hasta las 07:00 horas del día siguiente la demanda es menor a 13 kW. Siendo esta la demanda base que se comporta igual durante las noches de toda la semana.

Observando la tabla I.2, la relación “demanda promedio / demanda máxima” es aproximadamente de 0.5, este valor corresponde al especificado por la tabla 220-13 NOM-001 (Oficial, Norma Oficial Mexicana, 2005).

Su comportamiento se muestra en la gráfica II.1.



Gráfica II.1. Demanda

## II.1.2 TENSIÓN

En la tabla II.2 se muestra el máximo, el mínimo y el promedio de la tensión registrada en cada fase.

TENSIÓN [V]			
	$\phi A$	$\phi B$	$\phi C$
MÁXIMO	141.1	141.1	141.0
MÍNIMO	133.6	133.7	133.9
PROMEDIO	135.8	136.1	135.8

Tabla II.2. Tensión

Las tensiones, según la salida del interruptor deben ser 120 V, con una variación del  $\pm 10\%$  de la tensión nominal (CFE, Especificación CFE L000 45), es decir deben estar entre 118 V y 132 V, y se observa que los valores de tensión promedio de la tabla II.2 se encuentran fuera de lo permitido.

En base a la especificación CFE-L0000-45, el límite de variaciones de tensión en corto plazo (PST) mostrados en la tabla II.3, deben ser menor o igual a 1, calculamos el PST para cada fase obteniendo valores promedio mucho menores que 1, el 97 % de las muestras se encontró dentro de lo permitido.

PST			
	$\phi A$	$\phi B$	$\phi C$
MÁXIMO	5.72	5.78	5.73
MÍNIMO	0.0	0.0	0.0
PROMEDIO	0.31	0.31	0.30

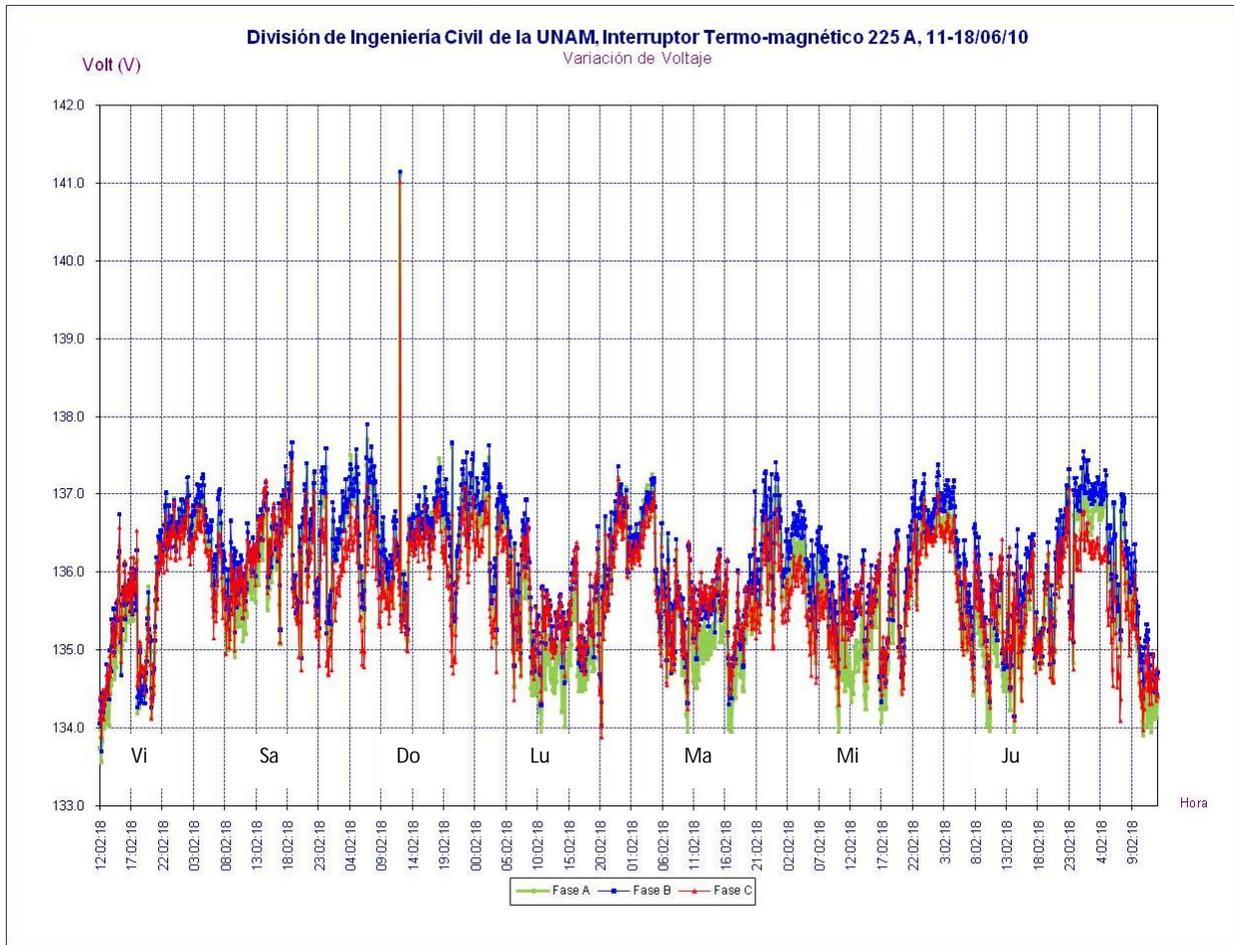
Tabla II.3. Variaciones de tensión en corto plazo PST

El desbalance máximo en tensión de la tabla II.4 fue de 0.5% en la fase C, el valor máximo permitido es de 3%, por lo tanto cumple con lo establecido por la especificación CFE-L0000-45.

DESBALANCE EN TENSIÓN [%]			
	$\phi A$	$\phi B$	$\phi C$
MÁXIMO	0.4	0.4	0.5
MÍNIMO	0.0	0.0	0.0
PROMEDIO	0.1	0.1	0.1

Tabla II.4. Porcentajes de desbalance en tensión

Las variaciones en la tensión se pueden observar con mayor detalle en la gráfica II.2.



Gráfica II.2. Tensión

### II.1.3 CORRIENTE

La tabla II.5 muestra el valor de corriente máximo, mínimo y promedio registrado en cada fase durante el periodo de medición.

CORRIENTE [A]			
	$\phi A$	$\phi B$	$\phi C$
MÁXIMO	71.9	53.3	76.5
MÍNIMO	15.1	12.4	18.0
PROMEDIO	27.8	25.2	34.2

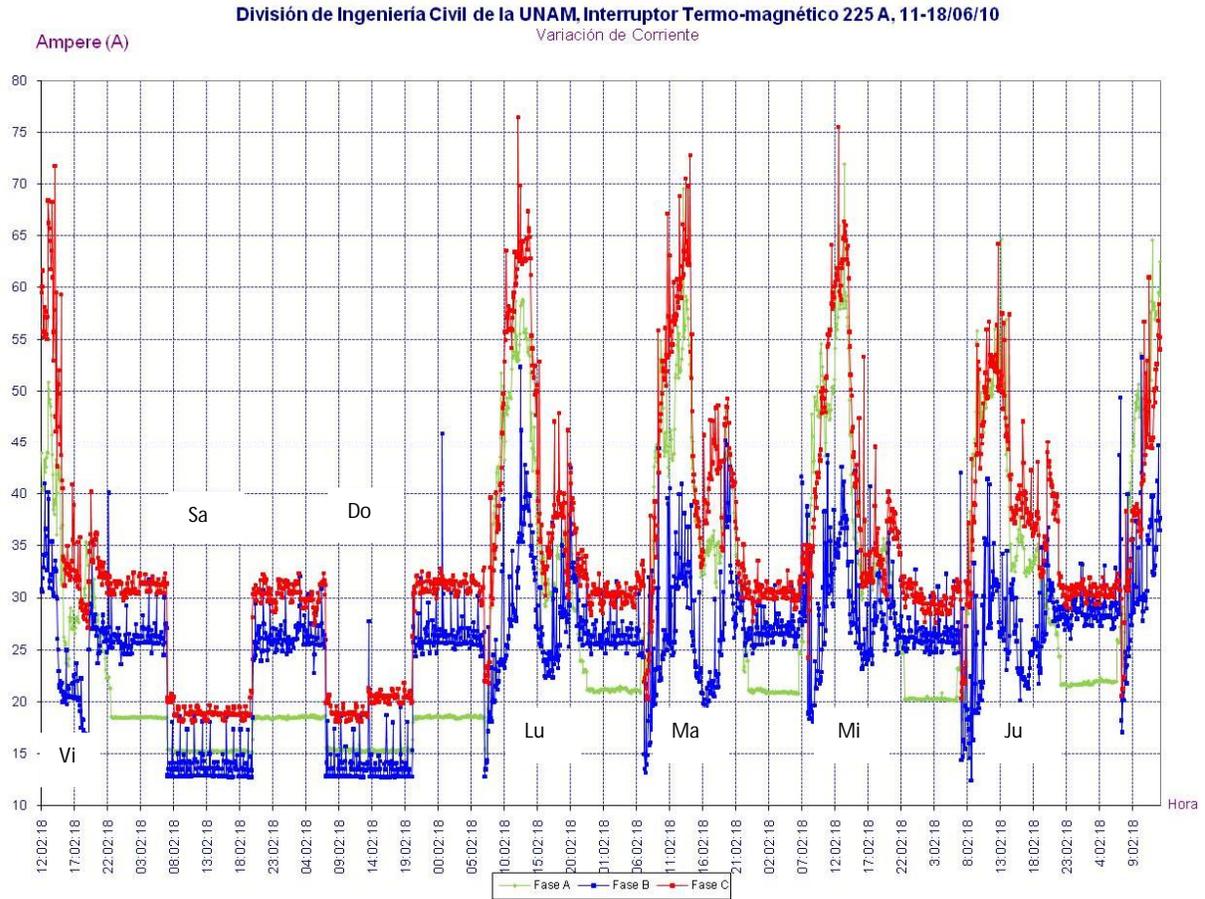
Tabla II.5. Corriente

El desbalance de corriente máximo permitido para este sistema según la especificación de CFE-L000045 es de 20%, en base al monitoreo se observa que solo el 62% de las muestras se encuentra debajo de este valor, ver tabla II.6.

DESBALANCE EN CORRIENTE [%]			
	$\phi A$	$\phi B$	$\phi C$
MÁXIMO	43.9	58.8	59.6
MÍNIMO	0	0	0.11
PROMEDIO	14.4	14.6	18.1

Tabla II.6. Porcentajes de desbalance en corriente

Las variaciones en la corriente y el desbalance que se presenta, se pueden observar con mayor detalle en la gráfica II.3 de corriente.



Gráfica II.3. Variación de corriente

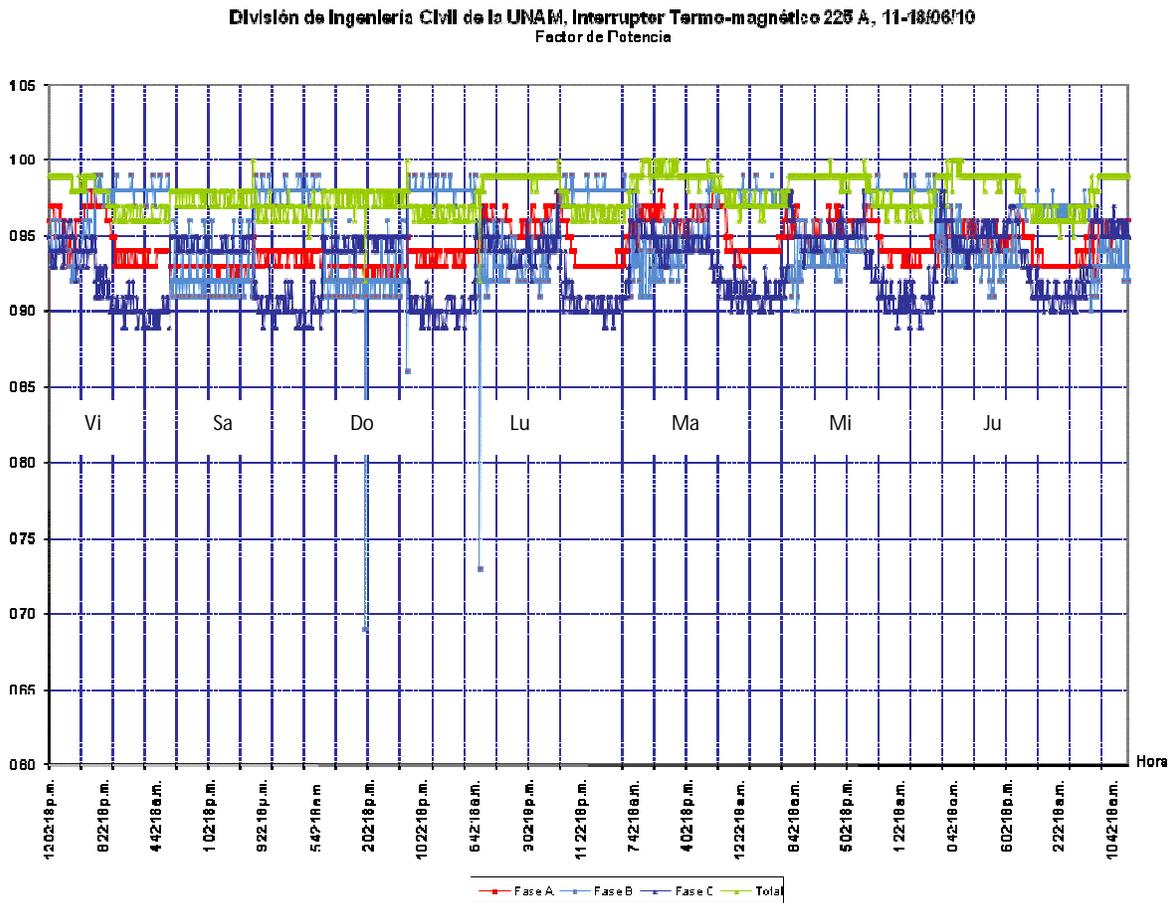
## II.1.4 FACTOR DE POTENCIA.

El factor de potencia registrado en la tabla II.7 indica que es bueno, ya que el valor promedio es de 0.98, el cual se considera idóneo para que la compañía suministradora de energía no penalice en la facturación por concepto de bajo factor de potencia.

FACTOR DE POTENCIA				
	$\phi A$	$\phi B$	$\phi C$	$\phi 3$
MÁXIMO	0.98	0.99	0.98	0.99
MÍNIMO	0.91	0.69	0.89	0.92
PROMEDIO	0.94	0.95	0.93	0.98

Tabla II.7. Factor de potencia

En la gráfica II.4 se muestra con mayor detalle las variaciones en el factor de potencia.



Los picos no se toman en cuenta ya que solo son pequeñas muestras.

## II.2 CARGAS CONSUMIDORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se determinó realizar el análisis eléctrico-energético en el edificio en función de las principales cargas eléctricas. En el edificio de DIC y G se tiene un total de carga instalada de 218 kW, divididos en dos grandes rubros: alumbrado y cargas conectadas en contactos (misceláneos) como se muestra en la tabla I.9.

Grupo de cargas	kW
Alumbrado	25.7
Misceláneos	87.5
Total de carga instalada	113.2

Tabla II.8. Carga instalada por tipo de acuerdo al censo

### II.2.1 SISTEMA DE ALUMBRADO

Las lámparas eléctricas son la fuente principal de luz artificial de uso común. Convierten la energía eléctrica en luz o energía radiante. Gracias a las nuevas tecnologías, el sistema de iluminación es uno de los más rentables al momento de aplicar medidas para disminuir el consumo de energía eléctrica, es por ello que se analizaron cuidadosamente estos equipos.

Para el estudio efectuado se realizó un censo de todos los equipos de iluminación, recabando información como: los tipos de sistemas, cantidad de sistemas, tipo de luminarios, potencia de las lámparas y horas de uso, así como mediciones de los niveles de iluminación.

Existen varios tipos de lámparas, sin embargo dentro de la DIC y G solo se encontraron de dos tipos:

- a) *Lámparas incandescentes*: Están compuestas por un filamento que se calienta por el paso de la corriente eléctrica a través de él. El filamento está encerrado en un bulbo de vidrio que tiene una base adecuada para conectar la lámpara a un receptáculo eléctrico (socket). Este tipo de foco tiene una vida útil de 750 a 1000 horas. Tienen un rendimiento muy bajo, solo el 5% de toda la energía que consumen se convierte en luz, la demás se transforma en calor.



Foto II.1 Foco incandescente 100 W

- b) Lámparas Fluorescentes Lineales: Constan de un tubo de vidrio con el interior cubierto con fósforo en polvo que flourece cuando se excita con luz ultravioleta; los electrodos del filamento se montan en juntas de extremo conectadas a las clavijas de la base. El tubo se llena con un gas inerte (como argón) y una gota de mercurio y se opera a una presión relativamente baja (C.V. Lamps). Su vida útil depende del uso que se le dé y de las condiciones ambientales en que se encuentre, puede variar de 20,000 a 24,000 horas. Aportan más luminosidad con pocos Watts de consumo y por lo tanto tienen menos pérdidas de energía en forma de calor.



*Foto II.2 Luminaria fluorescente lineal T12 2x40 W*

El edificio cuenta con un total de carga instalada en el sistema de iluminación de 25.76 kW. La mayoría de las lámparas son del tipo fluorescente T12, aunque son más eficientes que las incandescentes, se han vuelto obsoletas debido a que las nuevas tecnologías son todavía mejores. Actualmente está prohibido el uso de las T12 en varios países como Estados Unidos y la Unión Europea.

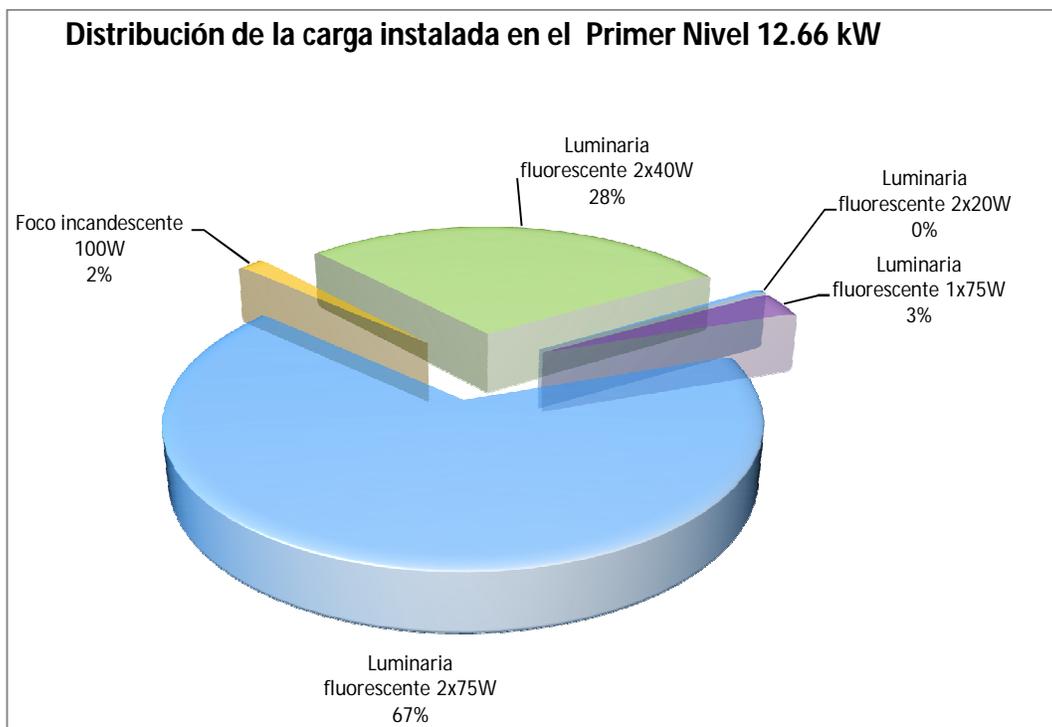
En las siguientes gráficas se muestra la distribución por tecnología de la carga de iluminación instalada en cada nivel y los consumos mensuales.

## Primer Nivel

LUMINARIA	CANTIDAD	WATTS INSTALADOS	CONSUMO MENSUAL [kWh]
Luminaria fluorescente T12 2x40 W	36	3600	2,592
Luminaria fluorescente T12 2x20 W	1	50	12
Luminaria fluorescente T12 1x75 W	4	375	90
Luminaria fluorescente T12 2x75 W	45	8437.5	1,771
Luminaria fluorescente T12 1x40 W	0	0	0
Foco incandescente 100 W	2	200	3

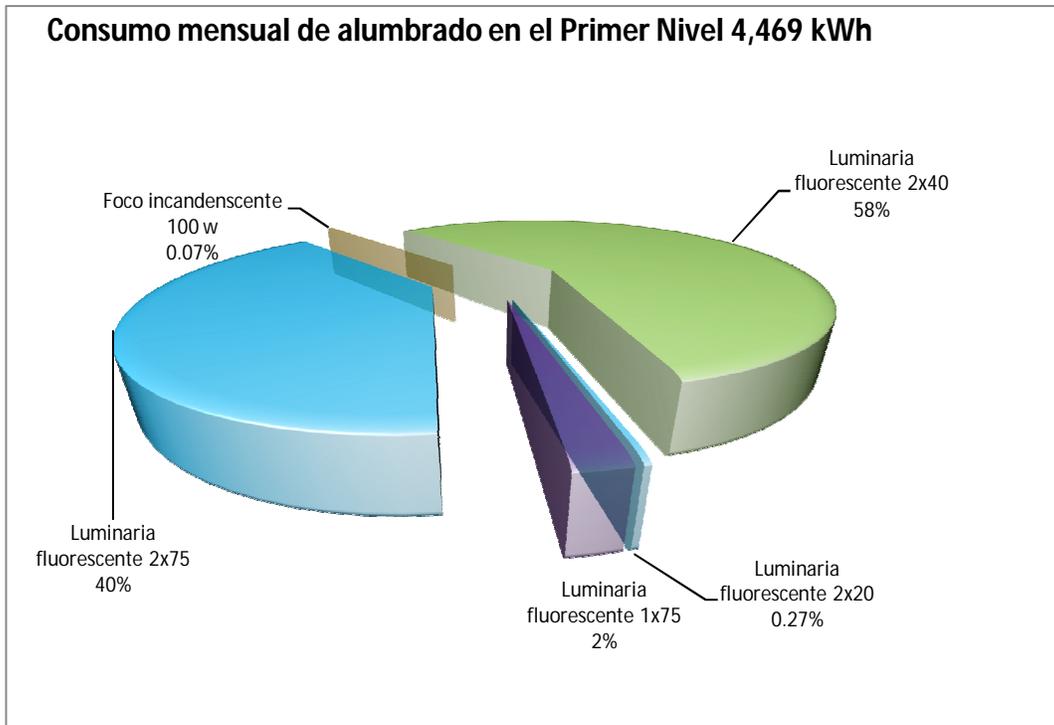
Tabla II.9 Luminarias instaladas en Primer nivel

Como se observa en la tabla II.9, el sistema de luminaria fluorescente T12 de 2x75 W es la que predomina en el primer nivel del edificio, estos sistemas se encuentran localizados en los cubículos. Y los sistemas fluorescentes lineales T12 de 2x40 W, que ocupan el segundo lugar en cantidad, se encuentran instalados en los pasillos.



Gráfica II.5 Distribución de la carga instalada del alumbrado por tecnología en Primer nivel

En la gráfica II.5 se observa que el sistema de luminarias T12 2x75 W representa un 67% de la carga instalada en la primer nivel del edificio, y el sistema T12 2x40 W solo el 28%



*Gráfica II.6 Consumo del alumbrado en Primer nivel*

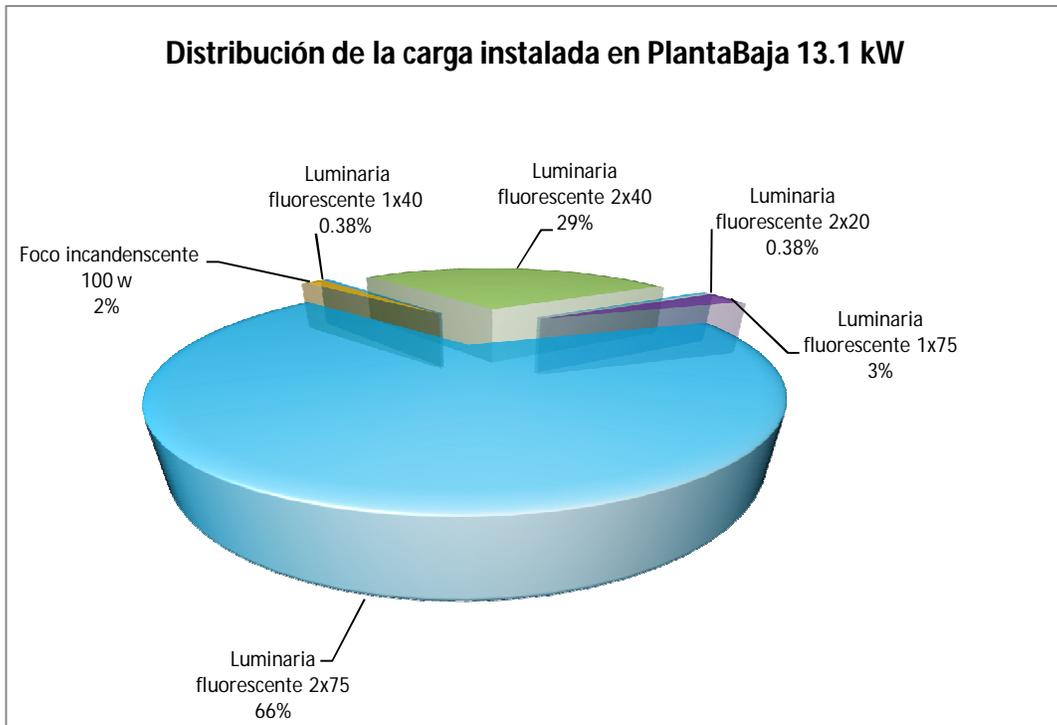
En la gráfica II.6 se observa que el sistema de luminaria fluorescente T12 2x40 representa el 58% del consumo total en la primer nivel, las luminarias T12 2x75 un 40%, la luminaria T12 de 1x75 W un 2% y la luminaria fluorescente T12 2x20 W y el foco incandescente de 100 W constituyen menos del 1%.

### Planta Baja

LUMINARIA	CANTIDAD	WATTS INSTALADOS	CONSUMO MENSUAL [kWh]
Luminaria fluorescente T12 2x40 W	38	3800	2,736
Luminaria fluorescente T12 2x20 W	1	50	12
Luminaria fluorescente T12 1x75 W	4	375	90
Luminaria fluorescente T12 2x75 W	46	8625	1,811
Luminaria fluorescente T12 1x40 W	1	50	10
Foco incandescente 100 W	2	100	3

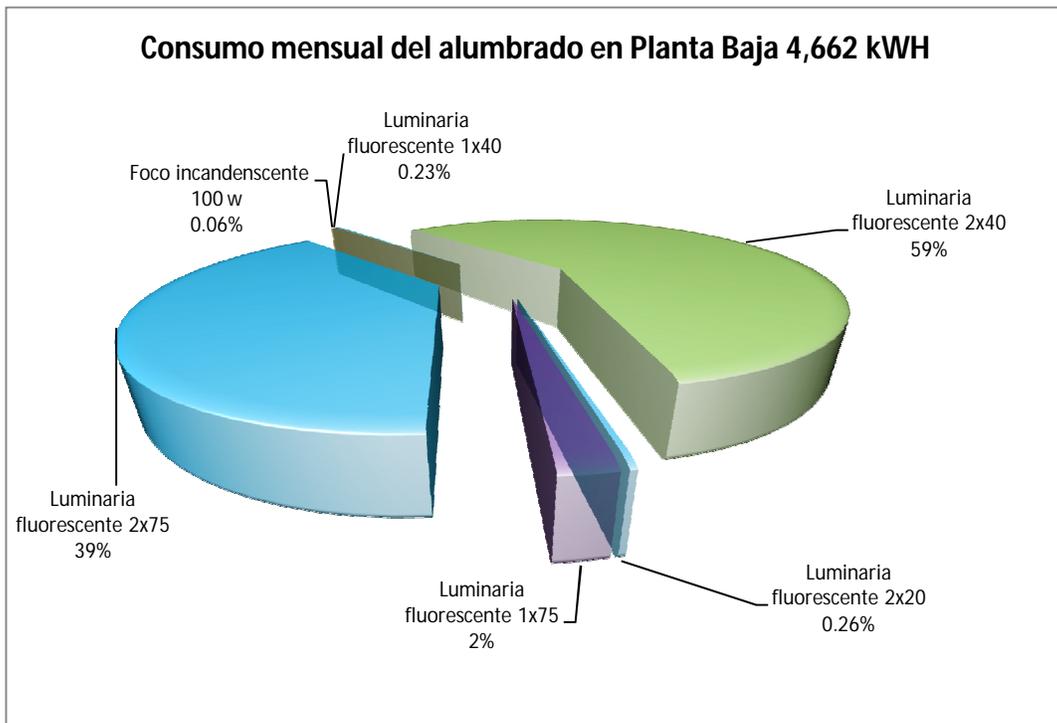
Tabla II.10 Luminarias instaladas en Planta Baja

De acuerdo con la tabla II.10 se observa que al igual que en la primer nivel, el sistema de lámparas fluorescentes T12 de 2x75 W son las que se encontraron en mayor cantidad, seguidas de las luminarias fluorescentes T12 de 2x40 W.



Gráfica II.7 Distribución de la carga instalada del alumbrado por tecnología en Planta Baja

En la gráfica II.7 se ve que el sistema de luminarias T12 2x75 W constituye un 66% de la carga instalada en la planta baja del edificio y el sistema T12 2x40 W un 29%.



Gráfica II.8 Consumo del alumbrado en Planta Baja

En la gráfica II.8 se observa que el sistema de luminaria fluorescente lineal T12 de 2x40W representa el 59% del consumo total del primer nivel.

#### Total

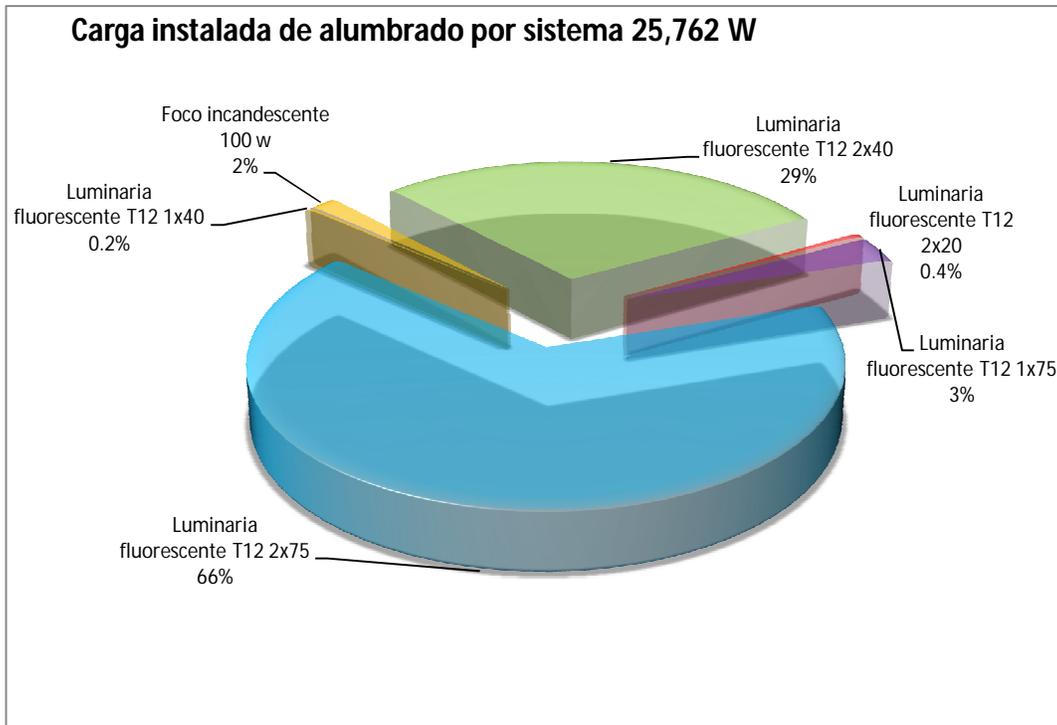
En la Tabla II.11 se presenta el total de lámparas instaladas.

LUMINARIA	CANTIDAD	WATTS/UNIDAD [W]	TOTAL [W]	HORAS DE USO [H]	CONSUMO MENSUAL [kWH]
Luminaria fluorescente T12 2x40 W	74	100	7400	24	5,328
Luminaria fluorescente T12 2x20 W	2	50	100	8	24
Luminaria fluorescente T12 1x75 W	8	93.75	750	8	180
Luminaria fluorescente T12 2x75 W	91	187.5	17062.5	7	3,583
Luminaria fluorescente T12 1x40 W	1	50	50	7	10.5
Foco incandescente 100 W	4	100	400	0.5	6
<b>Total</b>					<b>9,131</b>

Tabla II.11 Luminarias instaladas en el interior de la DIC y G

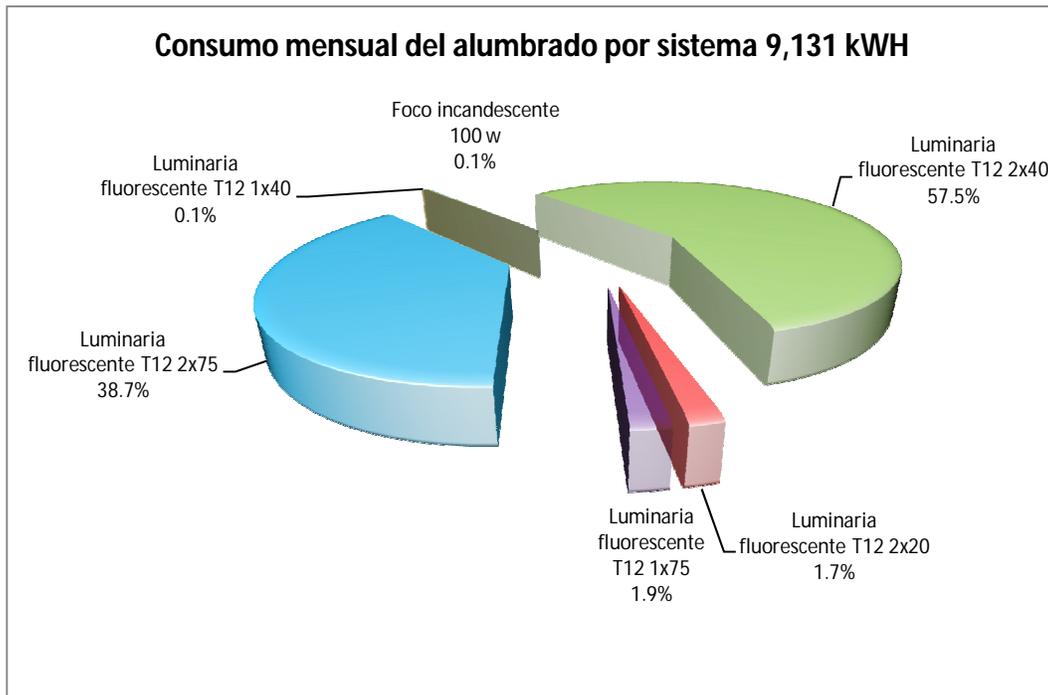
#### Notas:

- ☞ Se consideró la potencia que consume el balastro de las lámparas fluorescentes, que es del 25% del total de la potencia de las lámparas.
- ☞ Las horas de uso se determinaron de acuerdo a la información que proporcionaron usuarios del edificio, en base a ello se calculó el consumo diario.
- ☞ El alumbrado lo integran principalmente sistemas fluorescentes lineales de 2x75 W T12 y de 2x40 W T12, en luminario tipo cajón empotrado en plafón con difusor de acrílico hexagonal.



Gráfica II.9 Distribución de la carga instalada del alumbrado por tecnología en la DIC y G

En la gráfica II.9 se muestran de forma integrada los resultados obtenidos del censo de alumbrado en las instalaciones del inmueble, es oportuno mencionar que los sistemas con mayor número de carga instalada fueron los sistemas de 2X75 W T12 con un 66%, seguida de las lámparas fluorescentes lineales de 2x40 W T12 con un 29%, ambos equipos con baja eficiencia.



Gráfica II.10 Consumo del alumbrado por tecnología en la DIC y G

En términos de mayor consumo de energía por tipo de tecnología se encuentran a los sistemas de 2X40 W T12, los cuales representan el 58% del consumo total; seguido por los sistemas de 2x75 W T12 con un 39%.

### **NIVELES DE ILUMINACIÓN ACTUAL**

El objetivo principal del diseño de un sistema de iluminación es proporcionar los niveles de iluminación adecuados y eficientes, esto permite a las personas trabajar con máxima productividad y en condiciones agradables y seguras.

En este sentido se realizaron mediciones de los niveles de iluminación en áreas tipo, con la finalidad de verificar que los niveles de iluminación estén dentro de los valores recomendados por la NOM-025-STPS-2008 "Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo", los valores internacionales de la Illuminating Engineering of North America (IESNA), y por los de la Norma Oficial Universitaria., para lo cual se utilizó como herramienta de medición un luxómetro analógico calibrado, la metodología seguida para la obtención de los valores promedio es la establecida en el anexo A de la citada norma, los resultados se presentan en la tabla III.12.

ÁREAS	Niveles de iluminación actual			NOM-025-STPS (niveles mínimos)	IESNA	NORMA OFICIAL UNIVERSITARIA	OBSERVACIONES
	MIN	MAX	PROM				
Cubículos	450	2700	1256	300	300	250	Sobrepasa los niveles
Salones	190	450	285	500	500	400	Por debajo de los niveles
Pasillos	42	6040	313	150	100	150	Sobrepasa los niveles
Oficinas Administrativas	123	1700	628	500	500	600	Sobrepasa los niveles

Tabla II.12 Niveles de iluminación en la DIC y G

Observaciones:

- La diferencia entre los niveles máximos y mínimos de iluminación en pasillos es tan grande debido a que en los extremos hay ventanales, y en la parte de en medio no entra la luz natural por lo que solo están iluminados por lámparas.
- Los salones no tienen un acceso de luz natural.

## II.2.2 EQUIPOS ELÉCTRICOS MISCELÁNEOS

Durante el levantamiento se realizó un censo de equipos eléctricos y se encontró que los equipos conectados a los contactos son principalmente: Computadoras, fax, escáner, copiadoras, impresoras, laptops, plotter, etc. Cada uno de estos objetos es necesario para llevar a cabo el trabajo cotidiano en las oficinas y salones. Sin embargo en un recinto como la DIC y G, los usuarios necesitan de algunos otros equipos eléctricos consumidores para tener confort durante su jornada laboral, que suele ser de más de 8 horas, como son cafeteras, hornos de microondas, despachadores de agua, frigobar, etc.

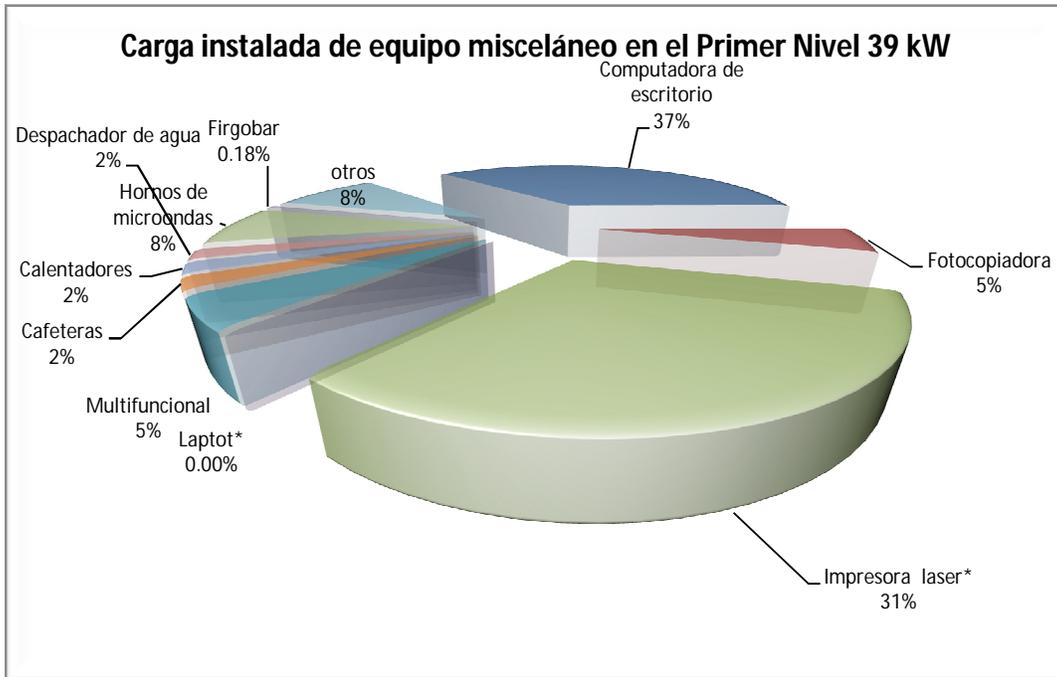


*Foto 1.3 Equipo de oficina*

A continuación se presentan gráficas que nos indican la carga instalada y el consumo por equipo en cada nivel del edificio.

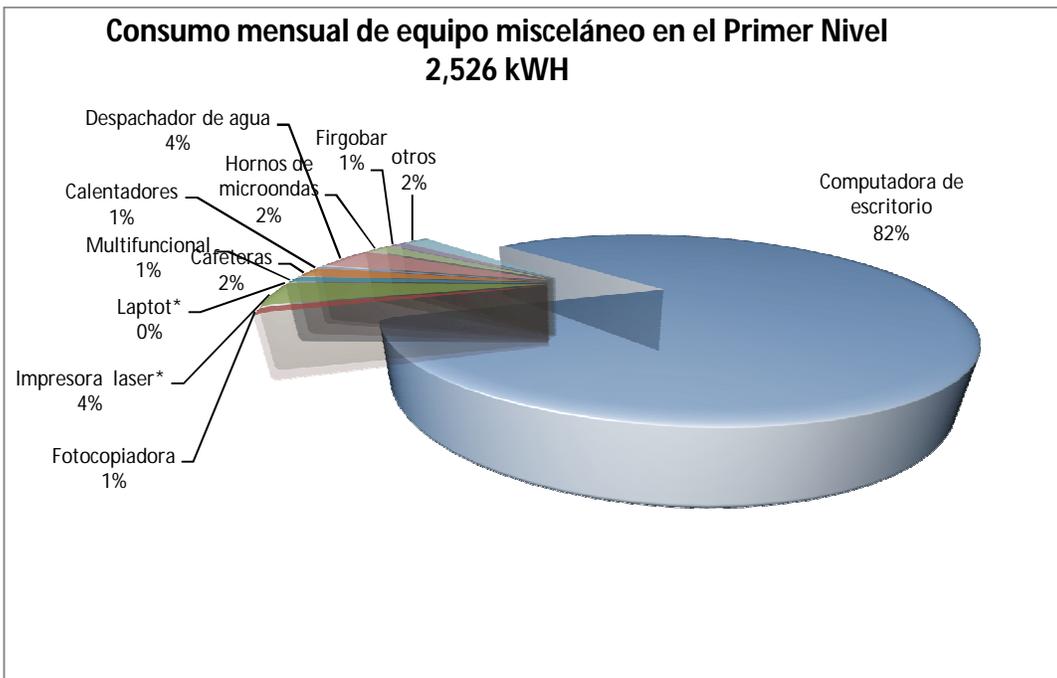
### Primer Nivel

El primer nivel cuenta con 34 oficinas, 3 áreas secretariales, 1 jefatura, 1 sala de juntas, 1 laboratorio, 3 baños y 3 pasillos, 1 bodega.



Gráfica II.11 Carga instalada de equipos misceláneos en Primer nivel

En la gráfica II.11 se observa que la carga instalada más representativa son las computadoras de escritorio con un 36% y las impresoras con un 31%, seguidas por hornos de microondas con un 7% y fotocopiadoras con un 7% también; multifuncional con un 5%, las demás cargas con un 2% o menos son equipos electrodomésticos u otros.

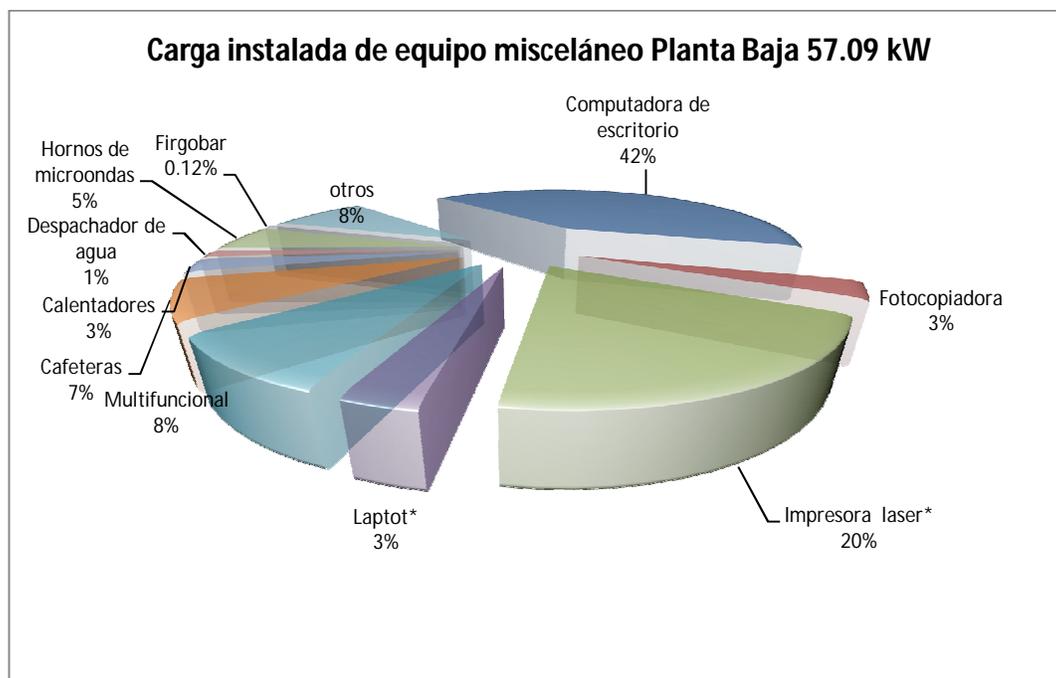


Gráfica II.12 Consumo mensual del equipo misceláneo en Primer nivel.

Las computadoras de escritorio representan el 81% del consumo total como se muestra en la gráfica II.12, y las impresoras junto con el despachador de agua representan un 4% cada una, los demás equipos de oficina representan un 3%, mientras que los electrodomésticos y otros representan un 8%.

### Planta Baja

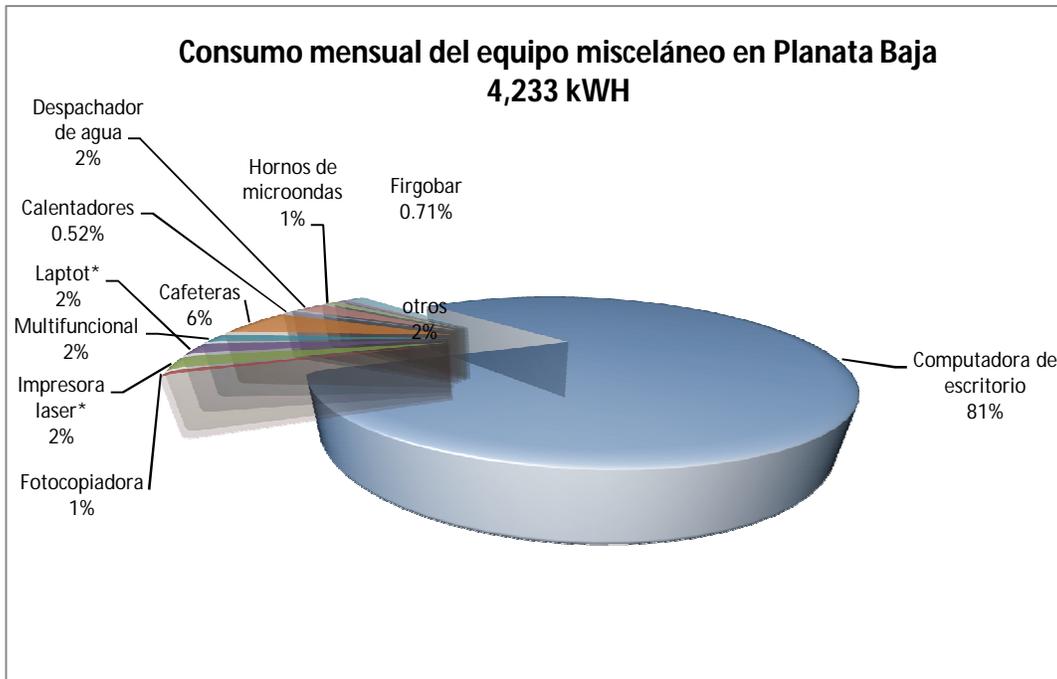
La planta baja está constituida por 32 oficinas, 2 salones, 1 área secretarial, 1 área de intendencia, 2 baños y 4 pasillos, 1 bodega.



Gráfica II.13 Carga instalada de equipos misceláneos en Planta Baja

La carga instalada más significativa en la gráfica II.13 son las computadoras de escritorio con un 42% y las impresoras con un 26%, seguidas por multifuncionales con un 7%, las cafeteras con un 5%; fotocopiadoras con un 4%, las demás cargas con un 3% o menos son equipos electrodomésticos u otros.

En la planta baja existen más equipos de cómputo conectados, un 81%, que en el primer nivel, solo un 79%, esto debido a los salones de cómputo que se encuentran en este nivel.



Gráfica II.14 Consumo mensual del equipo misceláneo en Planta Baja.

Las computadoras de escritorio representan el 76% del consumo total de la Planta Baja como se muestra en la gráfica II.14, y las impresoras un 5%, los demás equipos de oficina representan un 5%, mientras que los electrodomésticos y otros representan un 14%.

## Total

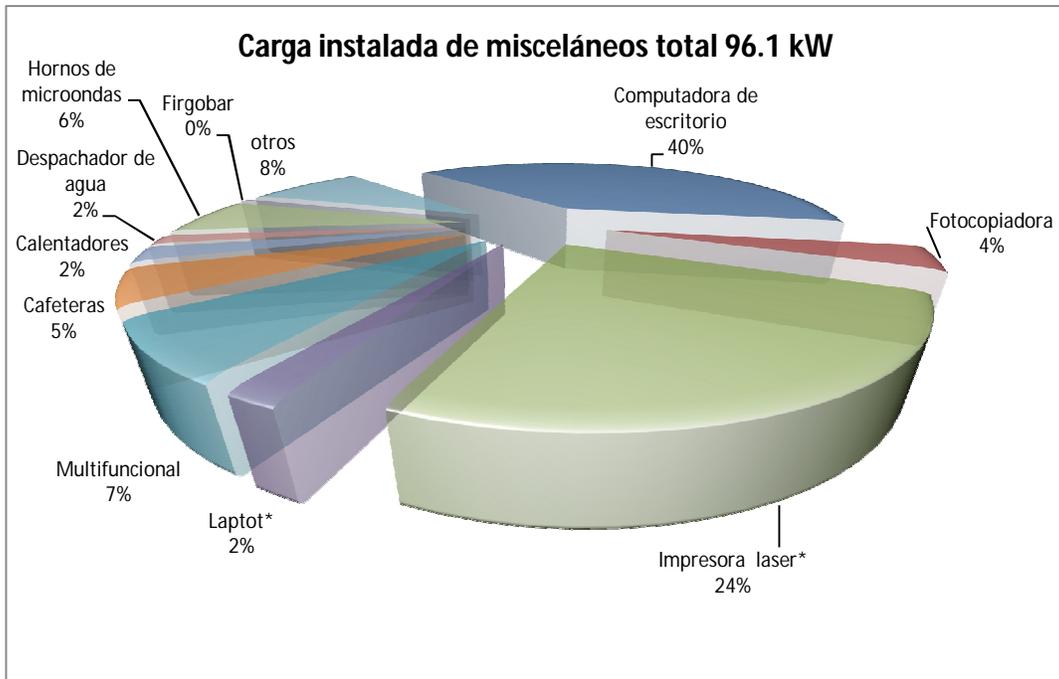
Los equipos eléctricos que se contabilizaron dentro de la DIC y G se muestran en la Tabla II.13, de los cuales el equipo de oficina representa el 80% del consumo total de la energía eléctrica en contactos, y que el otro 20% se encuentra distribuido entre equipos electrodomésticos y otros.

EQUIPO	CANTIDAD	TOTAL [W]	HORAS DE USO [H]	CONSUMO MENSUAL [kWH]
<b>EQUIPOS DE OFICINA</b>				
Computadora de escritorio*	109	38,150	8.0	5,493
Fotocopiadora*	4	3,600	0.5	54
Impresora láser*	67	23,450	0.5	179
Laptop*	19	1,710	3.0	92
Multifuncional*	14	6,720	0.5	101
Sacapuntas	15	3,750	0.05	6
Scanner*	15	225	0.5	3
<b>OTROS</b>				
Cafeteras	6	4,800	2.0	288
Calentadores	6	2,220	0.5	33
Cañón video proyector*	2	720	0.5	11
Despachador de agua	2	1,454	5.0	218
Hornos de microondas	4	6,000	0.5	90
Frigo bar	2	-	-	60
Radiograbadora*	6	210	1.0	6
Radios walkie talkie*	3	15	0.05	0.02
Televisores	2	240	0.5	4
Ventiladores	7	490	1.0	15
Otros*	8		1.0	29
<b>Total</b>				<b>6,759</b>

Tabla II.13 Carga en contactos usados

(\*) Se tomó en cuenta un factor de utilización de 0.6 para el cálculo del consumo final.

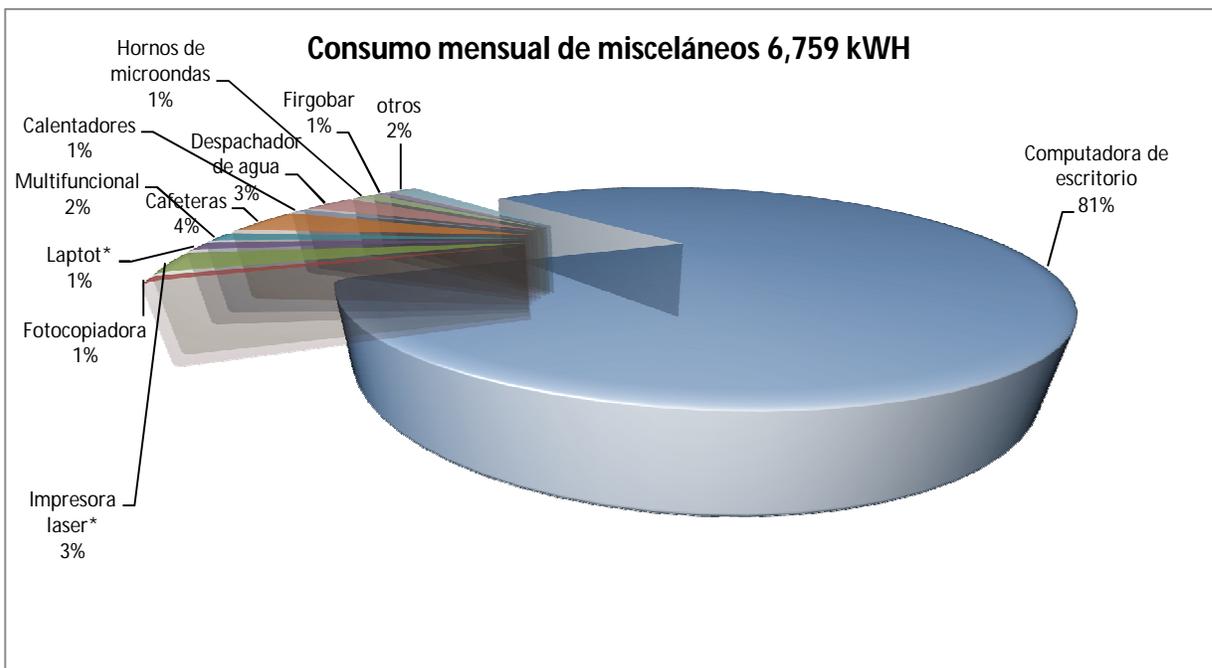
La carga instalada en la DIC y G es de 96.1 kW, ésta difícilmente se utiliza al 100%. La gráfica II.15 nos indica qué tipo de carga necesita más potencia para trabajar, y no significa que consuma más energía.



Gráfica II.15 Carga total instalada de los contactos

Se observa que las cargas eléctricas más representativas son las computadoras de escritorio con un 40%, seguido de las impresoras con un 24%, los multifuncionales con un 7%, las cafeteras con un 5% y las fotocopiadoras con un 4%.

En base a las horas de uso de los equipos instalados obtenemos la gráfica de consumo de energía de los misceláneos.



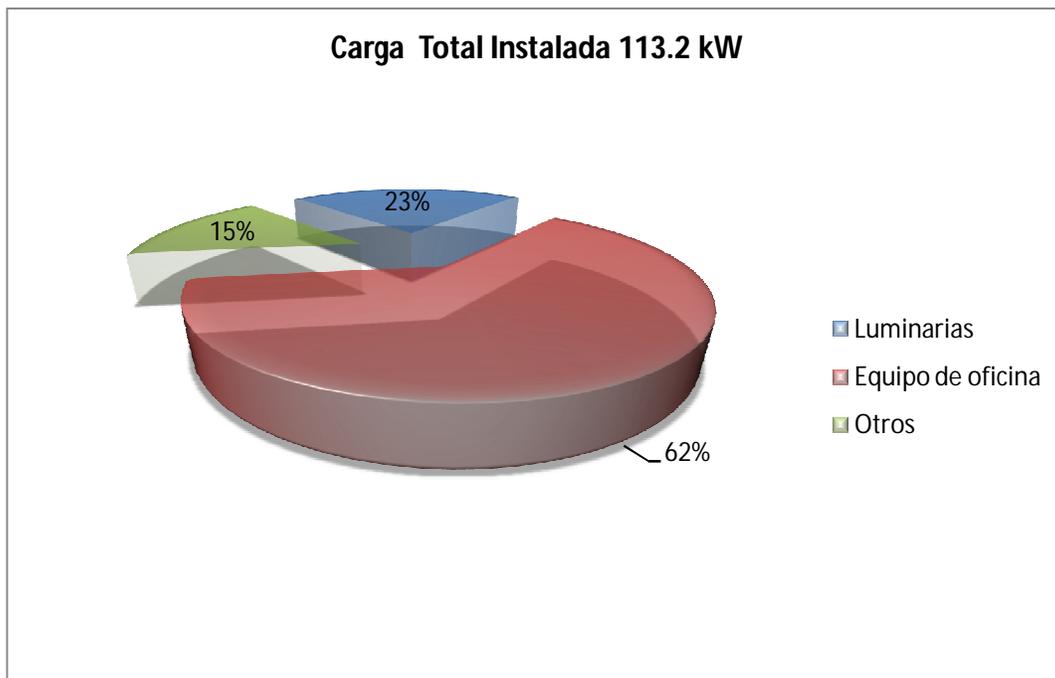
Gráfica II.16 Consumo de los equipos eléctricos en kWh

De todos los equipos consumidores de energía podemos observar que las computadoras de escritorio representan el 81% del consumo total, seguido por las cafeteras con el 4%, luego las impresoras y despachadores de agua con el 3%, multifuncionales con solo 2%, como se muestra en la gráfica II.16.

### II.2.3 USO GENERAL DE LA ENERGÍA

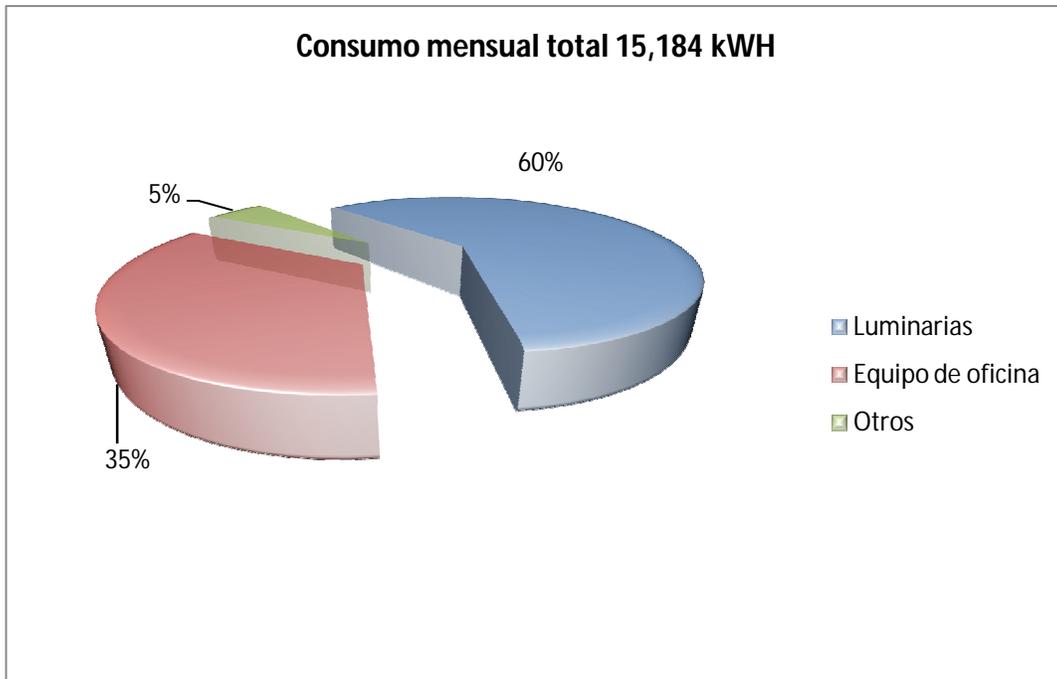
En lo que se refiere al uso general de la energía en la DIC y G, tiene como principales cargas principales las luminarias, el equipo de oficina y otros equipos eléctricos misceláneos.

El edificio tiene un total de carga instalada de 113.2 kW de los cuales tenemos que la del sistema de alumbrado consta de 26 kW, que representa un 23% del total y de los equipos eléctricos de oficina con 70 kW y otros con 17 kW, que constituyen el 77%, como se muestra en la gráfica II.17.



Gráfica II.17 Carga total instalada

Con la medición del consumo mensual de los tipos de cargas, de acuerdo al censo realizado, se obtuvo la gráfica II.18.



Gráfica II.18 Consumo mensual total

Como se puede observar e la gráfica II.18, la principal carga consumidora de energía es el sistema de iluminación con 9,132 kWh mensual, seguida por el equipo de oficina con 5,269 kWh mensual y en menor medida los otros equipos eléctricos con 783.6 kWh mensual.

## II.3 ÍNDICE ENERGÉTICOS

Los índices energéticos para la situación actual del edificio son los que se muestran en la tabla II.14.

Índice Energético	Nivel Actual	Nivel recomendado	Observaciones
Densidad de Potencia para Alumbrado W/m <sup>2</sup>	8.7	14	Cumple con la norma
Consumo de Energía Eléctrica kWh/m <sup>2</sup> -año	125.7	100	Se encuentra por encima de lo recomendado

Tabla II.14 Índices energéticos actuales en la DIC y G

## II.4 PRINCIPALES POTENCIALES DE USO EFICIENTE DE ENERGÍA

En base a los análisis realizados en este capítulo se presentan las medidas para llevar a cabo un uso eficiente de la energía eléctrica.

Medidas operativas.

Estas medidas consisten en llevar a cabo una serie de acciones para mejorar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica sin inversión, estas se aplican con ayuda del personal de mantenimiento y con los usuarios del edificio. Algunas recomendaciones son las siguientes:

- Existen áreas donde la iluminación natural es suficiente para realizar las actividades, sin embargo, se encontraron cubículos con lámparas encendidas. En lo posible, apagar lámparas cercanas a las ventanas.
- Desconectar sacapuntas, microondas, cafeteras y máquinas de escribir cuando no se utilice por tiempos prolongados, como al terminar labores o los fines de semana y vacaciones.
- Se encontraron computadoras en el modo de "dormir", si esta opción esta activada para apagar el monitor tras 15 minutos de inactividad es una buena acción para disminuir el consumo de energía en el equipo de cómputo. Si el usuario no va a usar el equipo por un periodo prolongado de tiempo (como en la hora de la comida) es recomendable apagar el equipo.
- Limpiar las ventanas periódicamente.

- Limpiar luminarios, ya que si los componentes del luminario (lámpara, balastro, reflector y / o difusor) se encuentran sucios por el polvo acumulado disminuye el nivel de iluminación disminuye.
- Nombrar a un responsable del ahorro de energía, que puede ser un individuo o un comité, con el fin de dar continuidad y asegurar la aplicación de las medidas recomendadas.

Medidas tecnológicas.

- Sustituir monitores de pantalla esférica por monitores de pantalla plana o de LCD, y que cuenten con el sello de ENERGY STAR.
- Cambiar sistemas de alumbrado de menor consumo energético.
- Instalar sensores de presencia.

## **CONCLUSIONES.**

En general los parámetros eléctricos medidos son los adecuados para el correcto funcionamiento de las cargas conectadas a la red.

A pesar de que los sistemas de 2x75 W T12 comprenden de mayor carga instalada, su consumo no es tan alto como el de los sistemas de 2x40 W T12. Esto se debe a que los sistemas de 2x75 W T12 se encuentran instalados en cubículos y salones, donde en periodos normales de trabajo, se tienen aproximadamente de 7 a 8 horas de uso; y los sistemas de 2x40 W T12 se encuentran en pasillos y están encendidas todo el día, debido a que estos se encuentran entre los cubículos y no tienen acceso a la iluminación natural, excepto en los extremos.

La demanda que representan los equipos de cómputo (computadoras, fotocopiadoras, impresoras, laptop, multifuncionales) respecto a la demanda total de energía eléctrica de los equipos misceláneos, es una carga importante con una aportación del 90%, lo que nos indica que haciendo un análisis más detallado podemos detectar una oportunidad para el ahorro de energía.

El área donde se tiene una mayor oportunidad de ahorro es en el sistema de iluminación debido a que es el principal sistema consumidor, con un 60% como se observa en la gráfica II.18, por lo cual es importante realizar un análisis particular en este sistema para disminuir el impacto que tiene sobre el consumo de energía eléctrica.

## **CAPÍTULO III**

### ***PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA EFICIENTE***

#### **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día el ahorro de energía eléctrica ha tomado gran importancia para la conservación de los recursos no renovables que la generan. Los combustibles fósiles como el gas natural, el combustóleo y el carbón, son en la actualidad las fuentes de energía que producen la mayor parte de la electricidad que se utiliza para cubrir la demanda de energía que necesita el país; de su aprovechamiento racional dependerá que estos recursos no se agoten de manera acelerada, además de contribuir a mitigar los impactos ambientales que ésta conlleva.

En edificios dedicados a la docencia la iluminación representa una de las principales áreas de oportunidad, ya que este concepto puede representar más del 20% del costo mensual promedio del servicio eléctrico. Actualmente existen en el mercado tecnologías en iluminación que en conjunto, lámparas, luminarios y equipos de control que pueden reducir hasta un 30% el concepto de iluminación tan solo por el cambio de equipos, el potencial de ahorro puede ser mayor si se fomenta la cultura del uso eficiente y racional, lo que muchas de las veces no requiere de grandes inversiones.

Así también el cambio de equipos eléctricos obsoletos por equipos eficientes ayuda a disminuir el consumo de energía eléctrica.

Como ya se mencionó anteriormente, el edificio de la DIC y G ha estado en constante modificación según las necesidades de los usuarios.

La población estudiantil aumenta cada semestre, por lo que se requieren más espacios para dar cabida a todos. También hay que tener en cuenta que la tecnología avanza aceleradamente, y los estudiantes de ingeniería deben estar en constante aprendizaje de los progresos de éstas tecnologías, por lo que se vuelve necesario el uso de laboratorios que se encuentren equipados con los medios necesarios para llevar a cabo experimentos, investigaciones o trabajos técnicos. Es por esto que la DIC y G propuso hacer nuevas modificaciones al edificio, como son la remodelación de la Planta Baja y la construcción de un Segundo Nivel.

De estas modificaciones, y debido a que las instalaciones eléctricas ya habían terminado su vida útil, surgió el proyecto de realizar un estudio energético integral que partiera de las necesidades del uso eficiente de la energía eléctrica y realizar una nueva propuesta.

Con la ampliación del Segundo Nivel del edificio DIC y G se propone contemplar el cambio de conductores alimentadores debido al incremento de carga y la sustitución del tablero general.

El tablero general de distribución en la planta baja sería tipo I-LINE 3F-4H, 6P-3 $\phi$  de 400 [A] para soportar la carga total del edificio. De este tablero se distribuiría la energía a los tableros

principales de cada nivel. Teniendo una carga instalada de 143 kW y una carga demandada de 107 kW con un Factor de Demanda de 0.75.

Al diseñar el nuevo sistema de alumbrado que consta en la remodelación de la Planta Baja, la construcción del Segundo Nivel y el cambio de luminarias del Primer Nivel, la instalación eléctrica propuesta se muestra en los planos del Anexo: Planos Eléctricos Propuestos.

### **III.1 SISTEMA DE ALUMBRADO**

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente ya que hace posible la visión del entorno, pero además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación y afectar el rendimiento visual, estado de ánimo y motivación de las personas. Es para ello que se necesita de un buen diseño de iluminación, para optimizar la relación entre el usuario y su medio.

#### **III.1.1 DISEÑO DE ALUMBRADO**

La iluminación en un recinto de trabajo debe ser la adecuada para satisfacer las necesidades visuales adecuadas a las actividades de cada área, así como para que no sea un factor de riesgo para la salud de las personas que laboran en la misma, creando un ambiente seguro, saludable y confortable. Así mismo un sistema de iluminación eficiente utiliza tecnologías de consumo energético bajo, lo que minimiza el impacto ecológico y dentro de un marco de costos razonable que no solamente debe incluir las inversiones iniciales, sino también los costos de operación y mantenimiento.

Algunos puntos que se deben tomar en cuenta para tener una buena iluminación son los siguientes:

- Luz suficiente: Tener niveles adecuados de luz, según la naturaleza de la tarea visual.
- Iluminación Uniforme: Una iluminación general con un alto grado de uniformidad, garantiza total libertad a la hora de situar la maquinaria y los bancos de trabajo.
- Buena Iluminación vertical: En ciertos trabajos la tarea visual está localizada en el plano vertical.
- Debe de obtenerse el mejor rendimiento y la máxima economía en toda instalación de iluminación.
- No debe olvidarse el efecto decorativo y funcional de una buena iluminación.

La norma NOM-0007-ENER, "Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales" en conjunto con la NOM-025-STPS, "Condiciones de iluminación en centros de trabajo", nos ayudan a especificar los niveles de eficiencia energética que deben cumplir los

edificios no residenciales, con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica, es decir, se debe lograr un nivel óptimo de iluminación sin ser ineficientes.

Algunos factores a considerar para un buen diseño de alumbrado eficiente en un edificio son los siguientes:

- Disponibilidad de la luz natural
- Horario de utilización del recinto
- Facilidad de limpieza de ventanas y luminarias
- Mantenimiento del sistema de iluminación
- El coeficiente de utilización
- El confort visual

El objeto de un diseño de alumbrado es proporcionar iluminación suficiente para una tarea visual dada, sin producir malestar y al mínimo costo posible. No es difícil obtener suficiente luz con las modernas fuentes luminosas, pero si se colocan y controlan en forma inadecuada, se obtendrán luz molesta y deslumbrante.

Al realizar los análisis de iluminación es necesario aclarar que no es conveniente una iluminación escasa ni tampoco una iluminación intensa, porque en el primer caso se realizará mayor esfuerzo al órgano de la visión, y el segundo caso produce deslumbramiento en los objetos iluminados afectando también al órgano de la visión.

Al iniciarse todo análisis en iluminación de interiores se deben tener en cuenta los siguientes puntos fundamentales:

- Formas o tipos de iluminación.
- Potencia y número de lámpara a usar
- Ubicación y altura de montaje de las lámparas

### **III.1.3 PROPUESTA DEL CAMBIO DE LUMINARIAS**

Para planificar un cambio de sistemas de iluminación se deben de tomar en cuenta todos los puntos que se han tratado anteriormente, así como analizar los antecedentes del edificio.

#### ***ANTECEDENTES***

Con base en el levantamiento de campo se contabilizó un total de 180 sistemas de iluminación lo que representa una carga instalada por concepto de iluminación interior de 25.8 kW lo que genera un consumo promedio mensual de energía de 9,131.6 kWh.

#### ***JUSTIFICACIÓN TÉCNICA***

Las propuestas que tenemos en cuenta para el cambio de luminarias se basan principalmente en la disminución de la carga instalada y el aumento de la eficiencia energética. Las luminarias deben

ser para aplicaciones en interiores de oficina y centros docentes, y estar diseñadas para ofrecer el máximo rendimiento luminoso de cada lámpara.

### ELECCIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO

La iluminación se debe adecuar al tipo de actividad que se realice en cada local. La cantidad de luz que llega directa o indirectamente determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas e inconvenientes.

A continuación se presenta la tabla III.1, donde se muestran las principales características de los diferentes sistemas de alumbrado.

SISTEMA DE ALUMBRADO	CARACTERÍSTICAS LUMINOTÉCNICAS	EFECTOS VISUALES		CONSUMO ENERGÉTICO
		Sobre el espacio	Sobre personas y objetos	
General directo o indirecto	Altos niveles de iluminación en todo el espacio. Uniformidad. Reducción de contrastes y brillos. Se minimiza la proyección de sombras.	Produce sensación de amplitud y orden. Crea atmósfera de monotonía y condiciones propicias para trabajos que requieren de alta concentración.	Aplana texturas. Oculta detalles. Minimiza efectos de reflejos espectaculares. Apaga intensidad de colores.	Elevado (más con sistema indirecto). No permite reducción individual de los niveles de iluminación.
Localizado	Altos niveles de iluminación solo en áreas de interés. Uniformidad general baja. Contrastes realzados.	Produce sensación de reducción de espacio. Puede crear atmósferas dramáticas, estimulantes y distractoras.	Realza textura y detalles. Los colores resultan más intensos.	Reducido. Adecuado para controlar niveles de iluminación individualmente.
General y localizado	Iluminación general reducida respecto de áreas de trabajo. Uniformidad general baja. Contrastes realzados.	Un balance adecuado puede compensar la sensación de reducción del espacio y crear condiciones propicias para el trabajo.	Buena apariencia de textura y detalles.	Intermedio. Adecuado para controlar niveles de iluminación individualmente sin afectar el resto de la instalación.

Tabla III.1 Características de los sistemas de alumbrado (Raitelli, 2006).

A continuación se presentan algunos ejemplos de los tipos de sistemas de alumbrado.



Foto III.1 Iluminación General Directa



Foto III.2 Iluminación General Indirecta



Foto III.3 Iluminación Localizada



Foto III.4 Iluminación General y Localizada

El alumbrado general se utiliza para:

- Vestíbulos, pasillos y escaleras
- Baños
- Almacenes

Debido a que en estos espacios no se requiere iluminación en ciertos puntos determinados.

Por otro lado, la iluminación general y localizada, que hace más claras las imágenes para el observador es utilizada en:

- Aulas
- Laboratorios
- Talleres
- Bibliotecas
- Cubículos

En el caso del alumbrado localizado, se utiliza para ciertas áreas de trabajo y en sectores que necesitan ser destacadas como:

- Accesos
- Áreas de riesgo de accidentes
- Lugares en los que se quiere crear efectos decorativos

## SELECCIÓN DE LÁMPARAS

Las lámparas fluorescentes poseen la ventaja de no producir la luz desde un mismo punto focal sino de hacerlo en forma suave y difusa por toda su extensión sin producir resplandores ni sombras acentuadas. Por ello su luz aparece fresca y más eficiente, reduciendo el esfuerzo visual. La limitación de uso de lámparas fluorescentes se encuentra sobre todo en su altura de montaje, ya que para alturas superiores a los 3 metros su aprovechamiento es reducido drásticamente.

De acuerdo a los antecedentes, el 98% de los sistemas de iluminación instalados en la DIC y G tiene lámparas del tipo tubular fluorescente lineal T12, por lo que las consideraciones técnicas y económicas se basan en la sustitución de lámparas más actuales y eficientes.

Para que los sistemas de iluminación fluorescente funcionen de una manera adecuada es necesario suministrarles un voltaje adecuado, de tal manera que la lámpara trabaje siempre a su voltaje nominal. Sin embargo, para el arranque de la lámpara se requiere de un voltaje alto para ionizar el gas y encenderla; debido a esto, una vez suministrado dicho voltaje para el arranque, se debe ajustar al voltaje nominal de la lámpara. Por lo anterior es necesario el uso de balastos para el encendido del sistema.

Los balastos pueden ser electromagnéticos o electrónicos.

El balastro electromagnético fue el primer tipo de inductancia que se utilizó en las lámparas fluorescentes. Consta de un transformador de corriente o reactancia inductiva, compuesto por un enrollado único de alambre de cobre o aluminio. El principal componente de la mayoría de los balastos electromagnéticos es el capacitor. El capacitor optimiza el factor de potencia, por lo que utiliza la energía de forma más eficiente.

El balastro electrónico se compone, fundamentalmente, de un circuito rectificador diodo de onda completa y un oscilador, encargado de elevar la frecuencia de la corriente de trabajo de la lámpara entre 20 y 60 kHz aproximadamente, en lugar de los 50 ó 60 hertz con los que operan los balastos electromagnéticos.

Comparado el balastro tradicional electromagnético con el balastro electrónico, puede proporcionar mayor rendimiento, control de la potencia de salida, larga vida a la lámpara y reducido volumen.

De acuerdo a su tecnología de encendido las lámparas fluorescentes pueden ser:

- Arranque instantáneo. Estas también reciben el nombre de "SLIM LINE", a la vista se identifican por su casquillo de un solo contacto o pin de cada extremo. Estas lámparas no requieren calentamiento previo ni arrancador, pero requieren de un elevado voltaje de arranque. El balastro enciende las lámparas en serie una después de la otra, una vez encendidas las dos lámparas una parte del balastro deja de operar, en caso de que alguna de las lámparas se funda la otra puede seguir operando, no obstante el balastro sigue funcionando y puede recibir daños de gravedad.
- Arranque Rápido. Las lámparas encienden en forma suave y con un ligero retardo de hasta dos segundos. El balastro suministra una tensión de arranque menor que en el caso de las Slim Line, no obstante el balastro hace que los cátodos de las lámparas estén permanentemente calientes. La identificación simple de estas lámparas se realiza identificando sus dos contactos o pines en cada uno de los casquillos de sus extremos.



Foto III.5 Lámpara de Arranque Instantáneo



Foto III.6 Lámpara de Arranque Rápido

Las lámparas fluorescentes lineales se identifican de acuerdo a su diámetro como se muestra en la tabla III.2.

Código de identificación de los Tubos Fluorescentes de acuerdo a su diámetro		
T-12	1,5 pulgadas	38,1 mm
T-8	1 pulgada	25,4 mm
T-5	5/8 pulgada	15,87 mm
T-2	2/8 pulgada	6,3 mm

Tabla III.2 Código de identificación de los Tubos Fluorescentes de acuerdo a su diámetro

En la tabla III.3 se muestran algunas características técnicas de las lámparas.

POTENCIA Watt	LÁMPARA	FLUJO LUMINOSO Lumen	EFICACIA Lum/W	VIDA Horas	TEMPERATURA DE COLOR Kelvin	DESIGNACIÓN DE COLOR
14	T5	1350	89	24000	2700	Incandescente Blanco
21	T5	2100	90	24000	2700	Incandescente Blanco
28	T5	2900	93	24000	3000	Blanco Cálido
35	T5	3650	94	24000	2700	Incandescente Blanco
15	T8	1005	67	20000	3000	Blanco Cálido
18	T8	1350	75	20000	4000	Blanco Frío
23	T8	2050	89	20000	3000	Blanco Cálido
36	T8	3100	86	20000	3000	Blanco Cálido
20	T12	950	49	21000	4100	Blanco frío
40	T12	2300	58	21000	4100	Blanco frío

Tabla III.3 Datos técnicos de Lámparas Fluorescentes Lineales (PHILIPS).

### ***Acción concreta***

En base a la información analizada de los aspectos para elegir un buen alumbrado se proponen las siguientes acciones:

Para áreas comunes se tendrá un alumbrado general, para aulas y cubículos se necesita un alumbrado general localizado.

➤ **OFICINAS, CUBÍCULOS Y ÁREAS COMUNES**

Suplir los sistemas de iluminación T12 por equipos de iluminación T5 en luminarios empotrados en plafón con lámparas de 2x28 W T5 con difusor de acrílico.

➤ **SANITARIOS Y ÁREAS DE SERVICIOS**

Sustituir los sistemas de iluminación 1x40 W T12 por focos fluorescentes de 13 W

Utilizar balastos electrónicos de arranque instantáneo.

Los sistemas de luminarias propuestos son ideales para aplicaciones en interiores de oficina, diseñados para ofrecer el máximo rendimiento luminoso de cada lámpara. Esta tecnología ofrece mayor eficiencia.

Haciendo el análisis por nivel del ahorro de energía se observa que tendremos ahorros energéticos de hasta el 50% como se muestra en las tablas III.4 y III.5.

## Primer Nivel

LÁMPARAS ACTUALES				LÁMPARAS PROPUESTAS			AHORRO (kWH/mes)	POR CIENT O
Sistema de Alumbrado		Consumo (kWH/mes)	Por ciento	Sistema de Alumbrado	Consumo (kWH/mes)	Por ciento		
Luminaria fluorescente 2x40 W	T12	2592	58%	Luminaria fluorescente T5 -2x28 W	2201	97%	2162	50%
Luminaria fluorescente 2x75 W	T12	1771	40%					
Luminaria fluorescente 1x75 W	T12	90	2%	Foco fluorescente Compacto 13 W	58	3%	44	57%
Luminaria fluorescente 2x20 W	T12	12	0%					
<b>Total</b>		<b>4465</b>	<b>100%</b>		<b>2259</b>	<b>100%</b>	<b>2206</b>	<b>51%</b>

Tabla III.4 Propuesta de cambio de lámparas en Primer Nivel

## Planta Baja

LÁMPARAS ACTUALES				LÁMPARAS PROPUESTAS			AHORRO (kWH/mes)	POR CIENT O
Sistema de Alumbrado		Consumo (kWH/mes)	Por ciento	Sistema de Alumbrado	Consumo (kWH/mes)	Por ciento		
Luminaria fluorescente 2x40 W	T12	2736	59%	Luminaria fluorescente T5 -2x28 W	1994	97%	2553	44%
Luminaria fluorescente 2x75 W	T12	1811	39%					
Luminaria fluorescente 1x75 W	T12	90	2%	Foco fluorescente Compacto 13 W	58	3%	44	57%
Luminaria fluorescente 2x20 W	T12	12	0%					
<b>Total</b>		<b>4649</b>	<b>100%</b>		<b>2052</b>	<b>100%</b>	<b>2597</b>	<b>44%</b>

Tabla III.5 Propuesta de cambio de lámparas en Planta Baja

En la tabla III.6 se presenta un resumen de lo que implicaría en términos de ahorro de energía, el cambio de luminarias.

Total

LÁMPARAS ACTUALES			LÁMPARAS PROPUESTAS			AHORRO (kWH/mes)	POR CIENT O
Sistema de Alumbrado	Consumo (kWH/me s)	Por ciento	Sistema de Alumbrado	Consumo (kWH/mes )	Por ciento		
Luminaria fluorescente T12 2x40 W	5328	58%	Luminaria fluorescente T5 -1x28 W	4195	97%	4715	47%
Luminaria fluorescente T12 2x75 W	3582	39%					
Luminaria fluorescente T12 2x20 W	24	0%	Foco fluorescente Compacto 13 W	116	3%	88	57%
Luminaria fluorescente T12 1x75 W	180	2%					
<b>Total</b>	<b>9114</b>	<b>100%</b>		<b>4311</b>	<b>100%</b>	<b>4803</b>	<b>47%</b>

Tabla III.6 Propuesta de cambio de lámparas

### Simulaciones

A continuación se presentan simulaciones hechas con un software de iluminación especializado para comprobar los niveles de iluminación de acuerdo al diseño que se eligió.

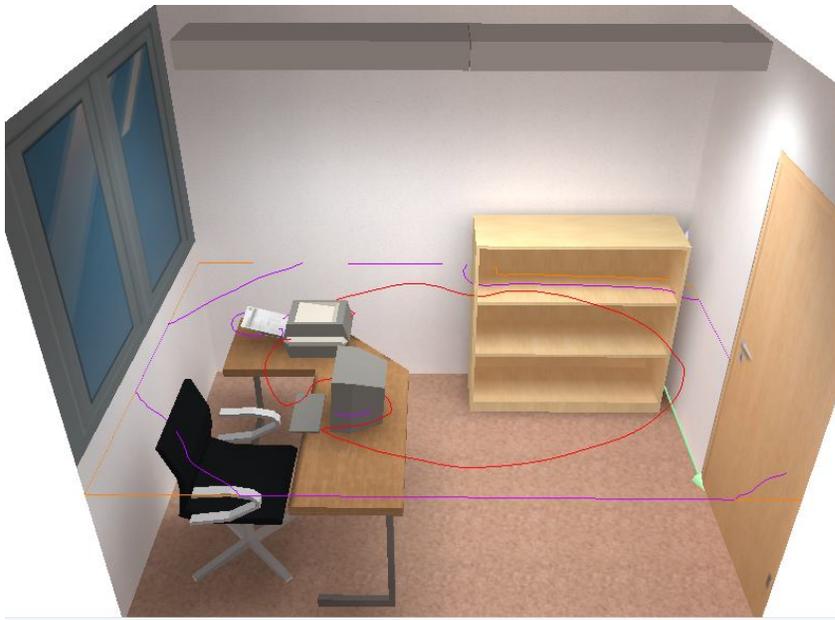
#### Cubículos

El diseño de alumbrado propuesto en cubículos es de iluminación directa con dos lámparas en línea empotradas en plafón de 2x28 W T5, cada una controlada por un apagador para aprovechar al máximo la luz natural, ya que todos cuentan con ventanas.

Luminaria Philips TBS760 2x28 W T5.



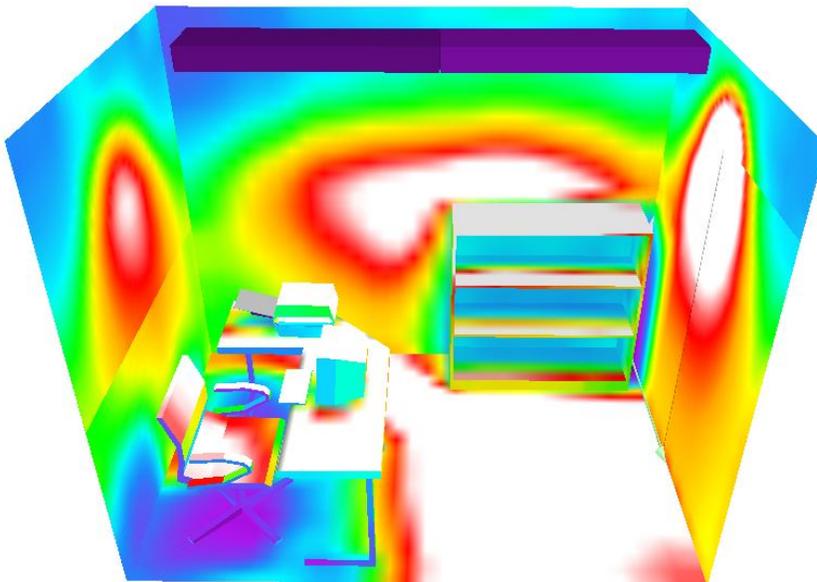
Figura III.1 Simulación de un cubículo tipo



### Isolíneas del plano útil

100.0 lx	
300.0 lx	
500.0 lx	

Figura III.2 Isolíneas del plano de trabajo 0.85 m



### Niveles de iluminación

	300.00 lx
	262.50 lx
	225.00 lx
	187.50 lx
	150.00 lx
	112.50 lx
	75.00 lx
	37.50 lx
	0.00 lx

Figura III.3 Simulación de un cubículo tipo en colores falsos

Este sistema de iluminación nos da los niveles óptimos de iluminación que se requieren para realizar las tareas cotidianas en una oficina.

Salones.

El sistema de alumbrado en salones consiste en lámparas tipo cajón empotradas en plafón de 2x28 W T5, con iluminación directa.

Existen salones de diferentes tamaños por lo que solo se hace la simulación de un salón tipo.

Luminaria Philips TBS760 2x28 W T5.



Figura III.4 Simulación de un salón tipo

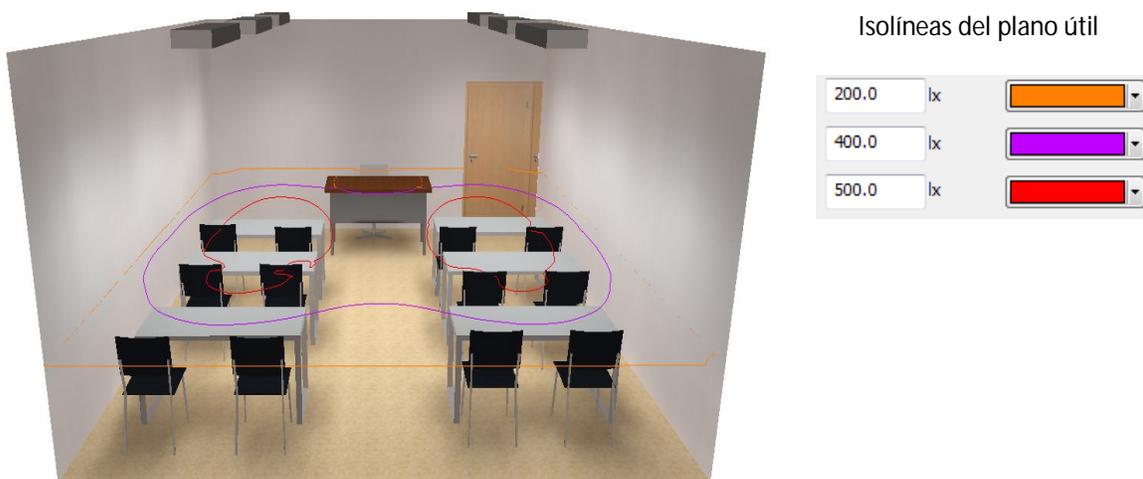


Figura III.5 Isolíneas del plano de trabajo 0.85 m

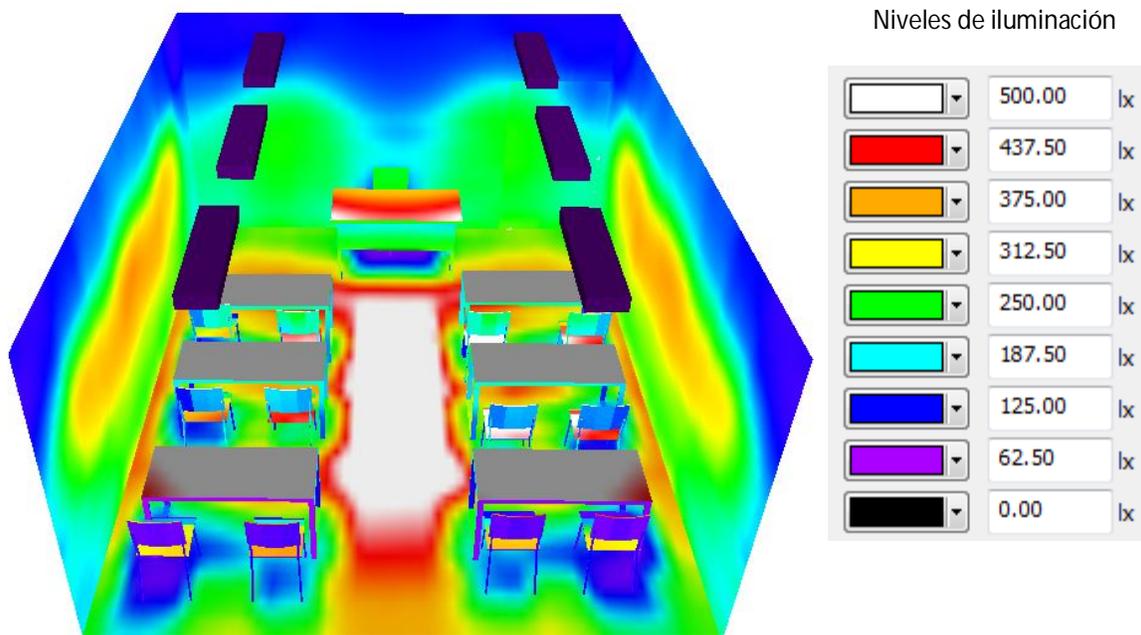


Figura III.6 Simulación de un salón tipo en colores falsos

La iluminación en los salones cumple con la norma Oficial Universitaria, lo que indica que son los niveles óptimos de iluminación para trabajar adecuadamente en un salón de clases.

***Niveles de iluminación.***

Los niveles de iluminación propuestos deben corregir los índices energéticos que se tenían, en la tabla III.7 se indican los nuevos niveles.

ÁREAS	Niveles de iluminación propuesta	NOM-025-STPS (niveles mínimos)	IESNA	NORMA OFICIAL UNIVERSITARIA
Cubículos	300	300	200-300-500	250
Salones	400-500	500	200-300-500	400
Pasillos	200	150	50-75-100	150
Oficinas Administrativas	500	500	200-300-500	600

Tabla III.7 Niveles de iluminación propuestos

## III.2 EQUIPOS MISCELÁNEOS

### ANTECEDENTES

El consumo de energía de equipos eléctricos misceláneos depende de la cantidad y el tiempo que permanezcan encendidos. En el edificio de la DIC y G los principales consumidores de energía son los equipos de cómputo (CPU y monitor), su consumo mensual es de 5,500 kWh lo que representa el 35% de la utilización total de la energía en el edificio

### JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

La propuesta consta del cambio de equipo, principalmente de monitores. Los monitores con pantalla de Tubo de Rayos Catódicos (CRT) tiene un consumo mayor que los monitores de pantallas de Cristal Líquido (LCD) o pantallas de Plasma. Los nuevos equipos deben estar validados por alguna institución (FIDE, Enregy Star), que garantice su eficiencia energética.

Para obtener la Licencia para el Uso del distintivo de garantía de eficiencia energética, denominado "Sello FIDE" el fabricante debe presentar pruebas de que su producto cumple con los lineamientos y características energéticas que indica dicha institución. En el caso de los monitores para computadoras personales deben presentar valores iguales o menores a lo indicado en la tabla III.8.

MODO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA	POTENCIA ACTIVA MAXIMA DE ENTRADA	TIEMPO DE RETARDO MAXIMO PARA INICIO DE MODO AHORRADOR DE ENERGIA
SUSPENSION	15 WATTS	30 MINUTOS
HIBERNACION	8 WATTS	60 MINUTOS

Tabla III.8 Valores límite permisibles de potencia activa máxima de entrada en el modo de espera (FIDE).

Los monitores de CRT demandan entre 70 W y 110 W, y los de pantalla LCD entre 30 W y 40 W, lo que una sustitución de estos equipos representaría una disminución de más del 50% de la carga conectada y por lo tanto un ahorro en el consumo energético.

Se realizaron pruebas con dos tipos de monitores, los resultados se muestran en la tabla III.9.

Tipo de monitor	Frecuencia [Hz]	Corriente [A]	Potencia [W]	Consumo [WH]
COMPAQ CRT	60	1.2	47	45
SONY LCD	60	0.3	19	15
DELL LED	60	0.6	20	15

Tabla III.9 Comparación de tecnologías de monitores

## ACCIÓN CONCRETA

De acuerdo a las pruebas se puede ver que la sustitución de monitores CRT por monitores LCD o LED, reduciría el consumo energético hasta 108 kWh al año por monitor.

De acuerdo al censo realizado se encontraron 109 computadoras de escritorio, si se realizara la sustitución de monitores se tendría el ahorro indicado en la tabla III.10.

MONITORES ACTUALES			MONITORES PROPUESTOS			AHORRO (kWH/año)
Tipo de Monitor	Cantidad	Consumo (kWH/mes)	Tipo de Monitor	Cantidad	Consumo (kWH/mes)	
RCT	109	1,471	LCD	109	490	11,772

Tabla III.10 Propuesta de cambio de monitores

- ✓ No dejar encendido innecesariamente el equipo cuando no lo esté utilizando, pues todos sus componentes estarán gastando energía (CPU, monitor, impresora, etc).
- ✓ Si deja de utilizar la computadora por cierto tiempo, apague por lo menos el monitor, que es como dejar de utilizar un foco de 75 W.
- ✓ El salva pantallas "Black Screen" permite ahorrar hasta 8 kWh en comparación con los que tienen alguna animación.

## III. 3 ÍNDICES ENERGÉTICOS PROPUESTOS

Los índices energéticos basados en la propuesta se exponen en la tabla III.11.

Índice Energético	Nivel Propuesto	Nivel recomendado
Densidad de Potencia para Alumbrado W/m <sup>2</sup>	9.3	14
Consumo de Energía Eléctrica kWh/m <sup>2</sup> -año	53.5	100

Tabla III.11 Índices energéticos propuestos

## CONCLUSIONES

Una de las principales áreas de oportunidad para optimizar el uso de la energía se encuentra en el sistema de alumbrado debido a su uso, es por ello que la propuesta principal consta en la sustitución de lámparas de tecnología T-12 por lámparas eficientes T-5.

Con esta sustitución se observa lo siguiente:

- Los niveles de iluminación son los adecuados para el tipo de tarea que se realiza en cada área.
- El ahorro en el consumo eléctrico en el edificio es de un 47%.

En lo que se refiere a misceláneos, el equipo de cómputo es el que representa un mayor consumo en el edificio, es por ello que se propone el cambio de monitores con lo que se tendría un ahorro anual de 11,772 kWh.

Con estas propuestas los índices energéticos se encuentran dentro de los niveles recomendados.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS FINANCIERO

#### INTRODUCCIÓN

El uso eficiente de la energía eléctrica, como ya se mencionó, implica una disminución del consumo energético lo que se ve reflejado en la facturación eléctrica. Los proyectos de uso eficiente de energía son técnicamente posibles y económicamente rentables, ya que la inversión se recupera con base en los ahorros generados por la disminución del consumo eléctrico, y más adelante disminuye los costos de operación.

Una de los criterios que se toman en cuenta para hacer un análisis financiero de un proyecto en ingeniería es el de Costo – Beneficio, el cual nos permite conocer la justificación económica y si los beneficios que se obtendrán no exceden a los costos realizados.

La fórmula para el cálculo del Costo – Beneficio es:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{\text{Ahorro en la disminución del consumo eléctrico}}{\text{Costos de instalación}} \dots (IV.1)$$

Una relación B/C mayor o igual a 1, indica que el proyecto bajo esta consideración es económicamente ventajoso (Krick).

Otros conceptos que sirven de herramientas para tener un análisis más completo son los siguientes:

*Valor Presente Neto VPN o Valor Actualizado de los Beneficios VAN.*

El VPN de una serie temporal de flujos de efectivo, tanto entrantes como salientes, se define como la suma del valor presente (PV) de los flujos de efectivo individuales.

Para el cálculo se tiene la siguiente fórmula.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0 \dots (IV.2)$$

Donde:

$F_t$  es el Flujo de Caja en el periodo t

N es el número de periodos

I es el valor de la inversión inicial

### *Tasa Interna de Rendimiento TIR.*

La TIR de una inversión o proyecto es la tasa efectiva anual compuesto de una tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos como negativos) de una determinada inversión igual a cero (Enciclopedia Financiera).

En términos más específicos, la TIR de la inversión es la tasa de interés a la que el valor actual neto de los costos de la inversión es igual al valor presente neto de los beneficios de la inversión.

### *Tasa Interna de Retorno Modificada TIRM*

La TIRM modifica el cálculo de la TIR, ya que toma en cuenta el costo del capital, lo cual ayuda a tener un valor más realista de la rentabilidad del proyecto.

### *Periodo de Retorno Simple de la Inversión RSI*

El RSI es un parámetro que nos ayuda a saber en cuanto tiempo se reembolsa la inversión total tomando en cuenta el ahorro anual que se obtendrá de llevar a cabo el proyecto, se obtiene como:

$$RSI = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Ahorro Anual}} \dots (IV.3)$$

### *Tasa de Rendimiento Mínimo Aceptable (TREMA)*

La TREMA es la tasa que representa una medida de rentabilidad, la mínima que se le exigirá al proyecto de tal manera que permita cubrir:

- La totalidad de la inversión inicial
- Los egresos de operación
- Los intereses que deberán pagarse por aquella parte de la inversión financiada con capital ajeno a los inversionistas del proyecto
- Los impuestos
- La rentabilidad que el inversionista exige a su propio capital invertido

Cuando se efectúa una inversión en una empresa, la determinación se simplifica, pues la TREMA para evaluar cualquier tipo de inversión dentro de la empresa, será la misma y además ya debe estar dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa.

Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles (UNAM).

Los rubros que se toman en cuenta para el análisis son:

1. Costo total de inversión del nuevo diseño de alumbrado.
2. Costo de la energía eléctrica (Facturación).
3. Análisis del beneficio.

## IV.I FACTURACIÓN

Para determinar el costo de la electricidad debemos conocer el costo de:

- La tarifa eléctrica contratada (HM).
- Kilowatt de Demanda Facturable
- Cargo por kilowatt- hora de energía punta
- Cargo por kilowatt- hora de energía intermedia
- Cargo por kilowatt- hora de energía base

En la tabla IV.1 se concentran datos necesarios para el análisis.

Demanda [kW]	Consumo [kWh]	Demanda Facturable [kW]	Factor de potencia	Factor de carga	Precio medio [\$/kWh]
39.2	15,184	29.601	98%	54%	1.4415

Tabla IV.1 Análisis de facturación eléctrica mensual

En base a la tabla IV.1 se hacen los siguientes comentarios:

➤ DEMANDA FACTURABLE

La demanda facturable se calculó en base a las especificaciones de CFE, como se menciona en el Capítulo I, con la siguiente fórmula (CFE, Conoce tu tarifa):

$$Demanda\ Facturable = 25.5 + [0.3 \times 8.303] + [0.15 \times 0]$$

$$Demanda\ Facturable = 29.6 [kW]$$

➤ FACTOR DE POTENCIA

El Factor de Potencia promedio que se midió en la División de Ingeniería Civil y Geotecnia es muy bueno, lo que genera bonificaciones por parte de la compañía suministradora, en este caso CFE (CFE, Disposiciones 03).

$$Porcentaje\ de\ Bonificación = \frac{1}{4} \times \left(1 - \frac{90}{98}\right) \times 100$$

$$Porcentaje\ de\ Bonificación = 2.04\%$$

Esto nos indica que el beneficio acumulado sería aproximadamente de \$446.50 mensual.

➤ **FACTOR DE CARGA**

El Factor de Carga es bajo, el ideal debe de ser del 100%, lo que significa que el uso de la energía en el edificio solo tiene un 54% de eficiencia. Se calculó de la siguiente manera:

$$\text{kW Demanda Media} = 15,184/720 = 21.08 \text{ [kW]}$$

$$\text{Factor de Carga} = 21.08 / 39.2$$

$$\text{Factor de Carga} = 0.54$$

➤ **PRECIO MEDIO**

El precio de la energía depende del horario de uso y la región en que se encuentre el inmueble. La DIC y G se encuentra en la Región Central y se le aplican los cargos de la tabla IV.2. La Demanda Facturable tiene un cargo por kilowatt de \$174.01.

Tarifa	Horario invierno			Horario verano			(\$/kW-h) noviembre 2011
	lun-vier	sábado	domingo	lun-vier	sábado	domingo	
Base	0-6 hrs.	0-8 hrs.	0-18 hrs.	0-6 hrs	0-7 hrs	0-19 hrs	<b>1.0378</b>
Intermedia	6-18 hrs	8-19 hrs	18-24 hrs	6-20 hrs	7-24 hrs		<b>1.2416</b>
	22-24 hrs	21-24 hrs		22-24 hrs			
Punta	18-22 hrs	19-21 hrs		20-22 hrs			<b>2.0451</b>

Tabla IV.2. Tarifas

Como se puede observar el costo de la energía consumida en el horario punta tiene un costo de casi 50% más elevado que el del horario base y el costo de energía del horario intermedio es un 20% más alta que el horario base, por tal motivo es muy importante controlar en que horarios se tiene la mayor demanda de energía para abatir costos en energía eléctrica.

Para la DIC y G se las demandas máximas registradas en cada horario se presentan la tabla IV.3.

Horario	Demanda Máxima [kW]
Base	18.432
Intermedia	33.894
Punta	25.591

Tabla IV.3. Demandas máximas

La mayor demanda se presenta en el horario Intermedio, sin embargo la demanda en horario punta es mayor al de horario base, con lo que se puede sugerir que las actividades que demandan más energía en el horario punta programarlas para llevarse a cabo en el horario base.

## IV.2 ILUMINACIÓN

Con el sistema actual de iluminación la facturación eléctrica se muestra en la tabla IV.4.

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía			Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de Consumo + Demanda
				Bas	Inter	Punt	Bas	Inter	Punt	Total	Potencia	Total
				kWH	kWH	kWH	\$	\$	\$	\$	\$	\$
2x40 W T12	74	100	7.4	0	2072	296	0	2548.76	592.089	3141	1,246.38	4,387.24
2x20W T12	2	50	0.1	0	28	4	0	34.4428	8.0012	42.44	16.84	59.29
2x75 W T12	91	187.5	17.0625	2	4777.5	682.5	0	5876.80	1365.2	7242	2,873.84	10,115.8
1x75 W T12	8	93.75	0.75	3	210	30	0	258.321	60.009	318.3	126.32	444.65
Total	175		25.3125	6	7087.5	1012.5	0	8718.3	2025.3	10744	4263.384	15007.02

Tabla IV.4 Costo de la energía con el sistema actual

De acuerdo a las propuestas hechas se tendrían ahorros en la facturación eléctrica del 45% aproximadamente, como se muestra en la tabla IV.5.

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía			Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de Consumo + Demanda
				Bas	Inter	Punt	Bas	Inter	Punt	Total	Potencia	Total
				kWH	kWH	kWH	\$	\$	\$	\$	\$	\$
T5 -2x28 W	212	58.8	12.4656	0	3490.36	498.624	0	4293.50	997.398	5291	2,099.58	7,390.48
FC 13 W	32	13	0.416	0	116.48	16.64	0	143.282	33.285	176.6	70.07	246.63
TOTAL	244											7637.114

Tabla IV.5 Costo de la energía con el sistema de iluminación eficiente

Al sustituir el sistema de iluminación tenemos:

- Disminución de la carga instalada de: 12.43 kW
- Ahorro del consumo de energía eléctrica en horario intermedio de: 3,480.65 kWh
- Ahorro del consumo de energía eléctrica en horario punta de: 497.24 kWh
- Ahorro en el costo mensual de la energía de: **\$7,369.91**

### Determinación de los costos de inversión

Para determinar los costos totales de inversión del proyecto debemos conocer el precio unitario de las lámparas propuestas, así como los costos de instalación.

El costo unitario de los elementos que se necesitan para la instalación se muestra en la tabla VI.6.

Componente	Precio Unitario [€]
Lámpara Fluorescente Compacta 13 W	\$40.00
Lámpara Fluorescente Lineal T5 2x28 W	\$173.06
Balastro Electrónico T5 2x28 W	\$145.00
Luminaria 1x13W	\$138.29
Luminaria T5 2x28 W	\$544.62

Tabla IV.6 Precios unitarios

Para saber la inversión de este proyecto tomamos en cuenta los precios unitarios por sistema, la cantidad de sistemas y además la mano de obra.

Lámparas propuestas	Cantidad	Precio por Sistema	Total
LF 2X28W	212	\$1,035.75	\$219,579.08
LFC 13W	32	\$178.29	\$5,705.28

Tabla IV.7 Precios de las luminarias

El costo por mano de obra y materiales que requiere la instalación es de **\$24,400.00** pesos M.N.

La inversión estimada que se requiere para la implementación de la propuesta es de **\$249,684.36** pesos M.N.

Para comprobar la rentabilidad del proyecto se aplican algunas técnicas económicas mencionadas al inicio de este capítulo, que consideran el valor del dinero en el tiempo.

De acuerdo con el uso y la vida útil de las lámparas se deduce que no se tendrá que realizar ninguna sustitución durante 6 años aproximadamente. Este es el tiempo que se ha considerado para realizar el análisis económico del proyecto propuesto. Para determinar el valor futuro de la inversión presente se usa la siguiente fórmula:

$$F = P(1 + i)^n \dots (IV.4)$$

Donde

F. Es el valor futuro de la inversión

P. Es la inversión inicial

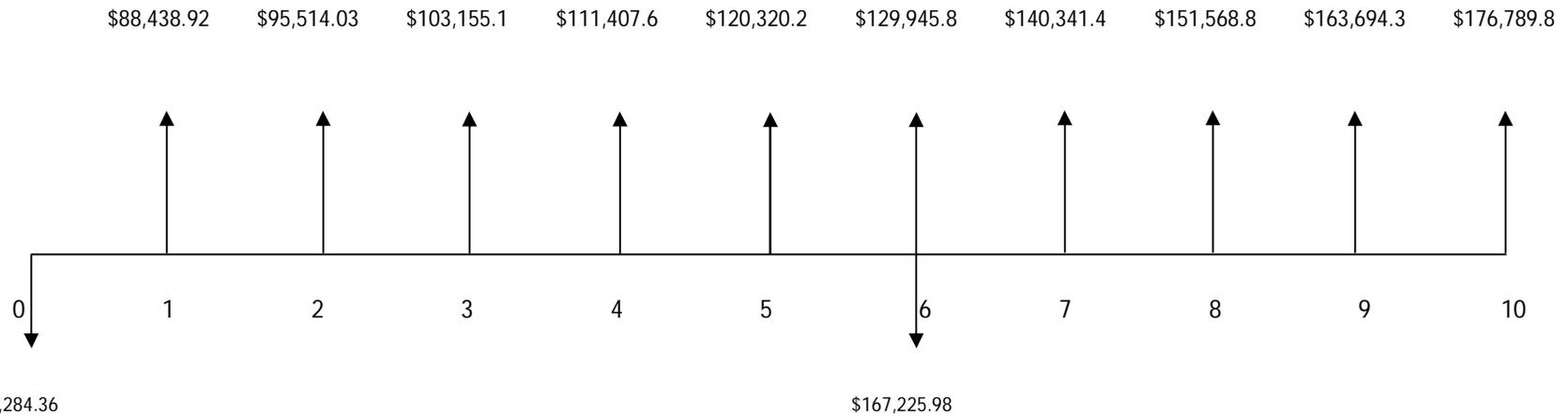
i. Es la tasa de interés

n. Es el número de años

La tasa de interés depende del costo de la energía, sin embargo esta varía cada mes y depende entre otros factores del precio del petróleo, por lo que es difícil estimar esta tasa. De acuerdo a las tarifas de energía eléctrica publicadas por CFE se obtuvo una estimación de la tasa que fue de 8%.

Al final del primer año se tendrá un ahorro de **\$95,514.03**, aplicando la tasa de interés del 8%.

Una proyección del flujo de capital y del rendimiento del proyecto dentro de 10 años se muestra en el diagrama IV.1



AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RENDIMIENTO	\$0.00	-\$161,245.4	-\$65,731.4	\$37,423.7	\$148,831.3	\$269,151.5	\$399,097.3	\$539,438.7	\$691,007.5	\$854,701.8	\$1,031,701.8
FLUJO	-\$249,684.36	\$88,438.92	\$95,514.03	\$103,155.1	\$111,407.6	\$120,320.2	\$129,945.8	\$140,341.4	\$151,568.8	\$163,694.3	\$176,789.8

Tabla IV.8 Flujos de caja y rendimientos

Para el año 6 se tendrá que realizar obras de mantenimiento, debido a la vida útil de las lámparas. Este costo será de \$105,399.64 en valor presente, pero para el valor futuro, que es el que importa será de **\$167,255.98**, aplicando la tasa de interés del 8%.

En la tabla IV.9 se presenta un general resumen del análisis financiero.

Ahorro en Consumo Anual	47,734.6 kWh
Ahorro Económico Anual	\$88,436.89
Costo de la Inversión	\$249,684.36
Retorno de inversión	2.8 años
Costo - Beneficio	2.97
VAN	\$491,299.25
TIR	63%
TIRM	41%
TREMA	10%

Tabla IV.9 Resumen

### IV.3 MISCELÁNEOS

La sustitución de los monitores RCT por monitores planos es otra de las propuestas que se tienen para aprovechar la energía eléctrica.

En la tabla IV.10 se desglosa la factura eléctrica del consumo de energía por los monitores.

Cantidad de monitores	Potencia kW	Potencia total instalada	Consumo Mensual de Energía			Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
			Base	Interm.	Punta	Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
			kWh	kWh	kWh	\$	\$	\$	\$	\$	\$
109	0.047	5.123	0	819.68	102.46	0	1008.28	204.951	1213	862.87	2,076.11

Tabla IV.10 Costo de la energía debido al uso de los monitores actuales

Con la propuesta realizada se obtendría un ahorro de energía del 57%. En la tabla IV.11 se muestra el comportamiento de la facturación eléctrica con la nueva propuesta.

Cantidad de monitores	Potencia kW	Potencia total instalada	Consumo Mensual de Energía			Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
			Base	Interm.	Punta	Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
			kWh	kWh	kWh	\$	\$	\$	\$	\$	\$
109	0.02	2.18	0	348.8	43.6	0	429.058	87.2131	516.3	367.18	883.45

Tabla IV.11 Costo de la energía con la nueva propuesta

Al sustituir el sistema de iluminación tenemos:

- Disminución de la carga instalada de: 2.94 kW
- Ahorro del consumo de energía eléctrica en horario intermedio de: 470.88 kWh
- Ahorro del consumo de energía eléctrica en horario punta de: 58.86 kWh
- Ahorro en el costo mensual de la energía de: **\$1,192.66**

### Determinación de los costos de inversión

En promedio un monitor de pantalla plana de 20 pulgadas, tiene un precio unitario de \$1,982.00 M.N., para poder reemplazar todos los monitores tendríamos que hacer una inversión inicial de **\$216,028.00** M.N.

Se utilizaron los mismos parámetros que los de la propuesta de iluminación para realizar la proyección financiera de la propuesta. En la tabla IV.12 se observan los flujos de efectivo para los primeros 5 años.

AÑO	0	1	2	3	4	5
RENDIMIENTO	\$0.00	-\$201,716.08	-\$186,259.21	-\$169,565.78	-\$151,536.89	-\$132,065.68
FLUJO	-\$216,028.00	\$14,311.92	\$15,456.87	\$16,693.42	\$18,028.90	\$19,471.21

Tabla IV.12 Flujos de caja y rendimientos.

Como se puede observar el rendimiento de esta inversión sigue en números rojos hasta el año 5, por lo que se puede concluir que económicamente no es viable, sin embargo energéticamente si lo es.

## CONCLUSIONES

El proyecto de sustitución de luminarias es ventajoso en todos los niveles, de acuerdo a la tabla IV.9, si se aplica el proyecto se dejarían de consumir aproximadamente 47 MWH anuales lo que representa un ahorro económico de \$88 mil pesos, lo que ayuda a recuperar la inversión inicial en menos de 3 años.

La relación beneficio / costo nos indica que por cada \$1.00 que se invierte se recuperan \$2.97. La ganancia mínima del proyecto TREMA es del 10%, y la rentabilidad del proyecto TIR es de 63%, y de la TIRM que es de 41%, ambas mayores que la TREMA, indican el proyecto es rentable y no hay problema para aceptarlo.

En el caso de la propuesta de sustitución de monitores parece no ser viable para aplicarse en una acción, sin embargo para se debe tomar en cuenta para cuando los equipos actuales dejen de funcionar.

## CAPÍTULO V

### **CONCLUSIONES GENERALES**

Los resultados obtenidos en el estudio realizado, nos demuestran que la implementación de acciones encaminadas al uso eficiente de energía se ven reflejadas en la disminución en el consumo de energía eléctrica, lo cual era el objetivo principal de este trabajo.

Los puntos importantes que nos llevaron a la validación de la hipótesis planteada en la introducción fueron los siguientes:

En el análisis de la medición de los parámetros eléctricos en el interruptor termo-magnético, que es el que distribuye la energía eléctrica al edificio, mostró que:

- La demanda de energía tiene un comportamiento semanal cíclico, y gracias a esto se pudo realizar el cálculo mensual y anual de la misma. También se observó que el interruptor no tendría ningún problema de funcionamiento si es que se aumentara la carga conectada para el caso de la remodelación.
- El factor de potencia medido nos indica que la energía se está aprovechando de forma óptima, debido a que el factor de potencia es casi la unidad, lo que significa que no hay pérdidas significativas de la energía.
- El 62% de la carga total instalada en el edificio corresponde a los equipos de oficina, sin embargo la carga que genera un mayor consumo es el sistema de iluminación, es por ello que representa una gran oportunidad para el uso eficiente de la energía eléctrica, al suplir la tecnología instalada obsoleta por una con mayor eficiencia.

El plan de acción que se planteó al revisar el análisis de la medición, consiste en utilizar tecnología más eficiente y relativamente económica, y sustituirla por la tecnología ya obsoleta. Las principales propuestas fueron dos:

- Sistema de Alumbrado: Reemplazar focos incandescentes y lámparas fluorescentes lineales T12 por focos fluorescentes compactos y lámparas fluorescentes lineales T5. Esta acción consigue un ahorro en el consumo energético mensual de hasta el 47% y mejora los niveles de iluminación óptimos requeridos para un centro docente.
- Equipos Misceláneos. La sustitución de monitores de rayos catódicos RCT por monitores planos LCD, representa una disminución mensual de casi 100 kWh. Sin embargo la inversión no se recupera fácilmente. Por lo que ésta acción se recomienda solo cuando la vida útil del equipo haya terminado.

- Al adquirir equipo eléctrico de oficina para el segundo nivel de la División de Ingeniería Civil y Geomática, la energía demandada será menor en este nivel en comparación al del primer nivel, donde se tiene el equipo obsoleto.
- Los indicadores energéticos nos demuestran que los cambios propuestos sí mejoran la eficiencia de energía.

Índice Energético	Nivel Actual	Nivel Propuesto	Nivel recomendado
Densidad de Potencia para Alumbrado W/m <sup>2</sup>	8.7	9.3	14
Consumo de Energía Eléctrica kWh/m <sup>2</sup> -año	125.7	53.5	100

- ❖ Con el análisis financiero se explica que, el reemplazo de tecnologías convencionales por tecnologías eficientes, no solo proporciona beneficios ambientales, sino que además se obtienen ahorros en la facturación de la energía eléctrica, lo que permite que los tiempos de recuperación de la inversión inicial sean muy cortos, por lo que ayuda a que el proyecto luzca atractivo para los inversionistas.

En este trabajo ha quedado demostrado que se puede obtener “más con menos”, cuando implementamos las nuevas tecnologías, aprovechamos más la energía y consumimos menos.

A la par que se buscan nuevas fuentes de energía debemos emplear las que tenemos de una forma eficiente, para lograr un desarrollo sustentable.

## RECOMENDACIONES

Algunas ocasiones, al emprender un proyecto, el entorno nos pone obstáculos como pueden ser la falta de recursos tecnológicos, limitaciones físicas, técnicas o de información, el costo y algunos otros factores impredecibles. Es por ello que se debe tener un plan de trabajo antes de comenzar, esto nos ayuda a ahorrar tiempo y esfuerzo.

Para realizar este tipo un estudio de eficiencia energética es recomendable tener a la mano:

- ✓ Recopilar la mayor información posible para llevar a cabo el proyecto.
- ✓ Contar con formatos para realizar el censo de cargas y luminarias.
- ✓ Tener los planos actualizados del edificio que se desea diagnosticar.
- ✓ Contar con todos los instrumentos de medición que se requieren (analizador de redes, luxómetro, amperímetro, flexómetro, etc)

Cabe destacar que es de suma importancia promover el uso eficiente de la energía en cualquier área de trabajo que nos encontremos. Como ingenieros tenemos la responsabilidad de aplicar nuestros conocimientos y habilidades para desarrollar tecnologías que resuelvan los problemas de las actividades cotidianas de la sociedad, sin seguir afectando negativamente nuestro entorno.

## ANEXOS

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1. Densidades de Potencia eléctrica para alumbrado .....	9
Tabla I.2. Uso de los recintos.....	19
Tabla II.1. Demanda .....	22
Tabla II.2. Tensión.....	24
Tabla II.3. Variaciones de tensión en corto plazo PST.....	24
Tabla II.4. Porcentajes de desbalance en tensión.....	24
Tabla II.5. Corriente .....	25
Tabla II.6. Porcentajes de desbalance en corriente.....	26
Tabla II.7. Factor de potencia .....	27
Tabla II.8. Carga instalada por tipo de acuerdo al censo .....	28
Tabla II.9 Luminarias instaladas en Primer nivel .....	30
Tabla II.10 Luminarias instaladas en Planta Baja.....	31
Tabla II.11 Luminarias instaladas en el interior de la DIC y G.....	33
Tabla II.12 Niveles de iluminación en la DIC y G.....	35
Tabla II.13 Carga en contactos usados.....	40
Tabla II.14 Índices energéticos actuales en la DIC y G .....	44
Tabla III.1 Características de los sistemas de alumbrado (11).....	49
Tabla III.2 Código de identificación de los Tubos Fluorescentes de acuerdo a su diámetro.....	52
Tabla III.3 Datos técnicos de Lámparas Fluorescentes Lineales (12). .....	53
Tabla III.4 Propuesta de cambio de lámparas en Primer Nivel.....	54
Tabla III.5 Propuesta de cambio de lámparas en Planta Baja .....	54
Tabla III.6 Propuesta de cambio de lámparas .....	55
Tabla III.7 Niveles de iluminación propuestos.....	58
Tabla III.8 Valores límite permisibles de potencia activa máxima de entrada en el modo de espera (13).....	59
Tabla III.9 Comparación de tecnologías de monitores.....	59
Tabla III.10 Propuesta de cambio de monitores.....	60
Tabla III.11 Índices energéticos propuestos .....	60
Tabla IV.1 Análisis de facturación eléctrica mensual .....	64
Tabla IV.2. Tarifas.....	65
Tabla IV.3. Demandas máximas.....	65
Tabla IV.4 Costo de la energía con el sistema actual .....	66
Tabla IV.5 Costo de la energía con el sistema de iluminación eficiente .....	66
Tabla IV.6 Precios unitarios.....	67
Tabla IV.7 Precios de las luminarias.....	67
Tabla IV.8 Flujos de caja y rendimientos.....	69
Tabla IV.9 Resumen .....	70
Tabla IV.10 Costo de la energía debido al uso de los monitores actuales .....	70
Tabla IV.11 Costo de la energía con la nueva propuesta .....	71

Tabla IV.12 Flujos de caja y rendimientos.....	71
--	----

## ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS

Figura I.1 Las 4 etapas del proceso de mejora continua de la eficiencia energética.....	7
Fuente: C. V. Lamps	

<i>Figura III.1 Curva de distribución luminosa</i> .....	16
Fuente: Internet	

<i>Figura III.2 Curvas de isolux</i> .....	16
Fuente: Internet	

<i>Figura III.3 Temperatura de color</i> .....	16
Fuente: Internet	

<i>Foto I.1 Ventanas opacas (segundo nivel)</i> .....	19
Fuente: Propia	

<i>Foto I.2 Ventanas opacas (primer nivel)</i> .....	20
Fuente: Propia	

<i>Foto I.3 Cortinas cerradas en algunos cubículos (ala Oeste)</i> .....	20
Fuente: Propia	

<i>Foto I.4 Cortinas cerradas en algunos cubículos (ala Este)</i> .....	20
Fuente: Propia	

<i>Foto I.5 Vestíbulo con loseta color café</i> .....	21
Fuente: Propia	

Foto I.6 Pasillos de loseta de vinil color beige.....	21
Fuente: Propia	

<i>Gráfica II.1. Demanda</i> .....	23
Fuente: Propia	

<i>Gráfica II.3. Variación de corriente</i> .....	26
Fuente: Propia	

<i>Foto II.1 Foco incandescente 100 W</i> .....	28
Fuente: Propia	

<i>Foto II.2 Luminaria fluorescente lineal T12 2x40 W</i> .....	29
Fuente: Propia	

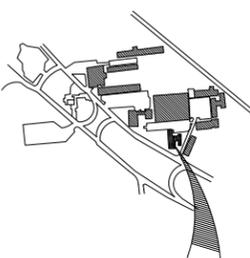
<i>Gráfica II.5 Distribución de la carga instalada del alumbrado por tecnología en Primer nivel</i> .....	30
Fuente: Propia	

<i>Gráfica II.6 Consumo del alumbrado en Primer nivel.....</i>	31
Fuente: Propia	
<i>Gráfica II.7 Distribución de la carga instalada del alumbrado por tecnología en Planta Baja.....</i>	32
Fuente: Propia	
<i>Gráfica II.8 Consumo del alumbrado en Planta Baja .....</i>	32
Fuente: Propia	
<i>Gráfica II.9 Distribución de la carga instalada del alumbrado por tecnología en la DIC y G.....</i>	34
Fuente: Propia	
<i>Gráfica II.10 Consumo del alumbrado por tecnología en la DIC y G .....</i>	34
Fuente: Propia	
<i>Foto I.3 Equipo de oficina.....</i>	36
Fuente: Internet	
<i>Gráfica II.11 Carga instalada de equipos misceláneos en Primer nivel.....</i>	37
Fuente: Propia	
<i>Gráfica II.12 Consumo mensual del equipo misceláneo en Primer nivel.....</i>	37
Fuente: Propia	
<i>Gráfica II.13 Carga instalada de equipos misceláneos en Planta Baja .....</i>	38
Fuente: Propia	
<i>Gráfica II.14 Consumo mensual del equipo misceláneo en Planta Baja.....</i>	39
Fuente: Propia	
<i>Gráfica II.15 Carga total instalada de los contactos.....</i>	41
Fuente: Propia	
<i>Gráfica II.16 Consumo de los equipos eléctricos en kWh.....</i>	41
Fuente: Propia	
<i>Gráfica II.17 Carga total instalada.....</i>	42
Fuente: Propia	
<i>Gráfica II.18 Consumo mensual total.....</i>	43
Fuente: Propia	
<i>Foto III.1 Iluminación General Directa .....</i>	50
Fuente: Internet	
<i>Foto III.2 Iluminación General Indirecta.....</i>	50
Fuente: Internet	

<i>Foto III.3 Iluminación Localizada</i> .....	50
Fuente: Internet	
<i>Foto III.4 Iluminación General y Localizada</i> .....	50
Fuente: Internet	
<i>Foto III.5 Lámpara de Arranque Instantáneo</i> .....	52
Fuente: Internet	
<i>Foto III.6 Lámpara de Arranque Rápido</i> .....	52
Fuente: Internet	
Figura III.1 Simulación de un cubículo tipo .....	55
Fuente: Propia	
<i>Figura III.4 Simulación de un salón tipo</i> .....	57
Fuente: Propia	

# PLANOS ELÉCTRICOS ACTUALES

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS ESQUEMATICO



SIMBOLOGIA Y NOTAS

- LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SLIMLINE DE 2X75 WATTS EN GABINETE DE 0.3 X 2.44 MTS.
- LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SLIMLINE DE 1X75 WATTS EN CANALETA PARA UNA LAMPARA DE 0.3 X 2.44 MTS.
- LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SLIMLINE DE 2X40 WATTS EN GABINETE DE 0.3 X 1.22 MTS.
- LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SLIMLINE DE 1X40 WATTS EN CANALETA PARA UNA LAMPARA DE 0.3 X 1.22 MTS.
- LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SLIMLINE DE 2X20 WATTS EN GABINETE DE 0.3 X 0.6 MTS.
- FOCO INCANDESCENTE NORMAL DE 100 WATTS
- LINEA DE CONEXION ENTRE LAMPARAS
- TABLERO TRIFASICO DE ALUMBRADO

N/I NO IDENTIFICADO

- TNM-CX T = TABLERO
- N = NUMERO DE TABLERO
- M = UBICACION DEL TABLERO
- C = CIRCUITO
- X = NUMERO DE CIRCUITO

REV.	FECHA	DESCRIPCION
		INSTALACION ELECTRICA DE ALUMBRADO

PROYECTO No:	01
ARCHIVO DWG:	PL-PR-TOTAL.DWG
DIBUJO:	NATALIA LEON DOMINGUEZ
REVISO:	ING. SILVINA ALONSO SALINAS

**UNAM** INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO DEL EDIFICIO DICYG

UBICACIÓN: SEGURIDAD EXTERIOR S/N AV. DE LA UNIVERSIDAD, CIUDAD UNIVERSITARIA, 04510 MEXICO, D.F.

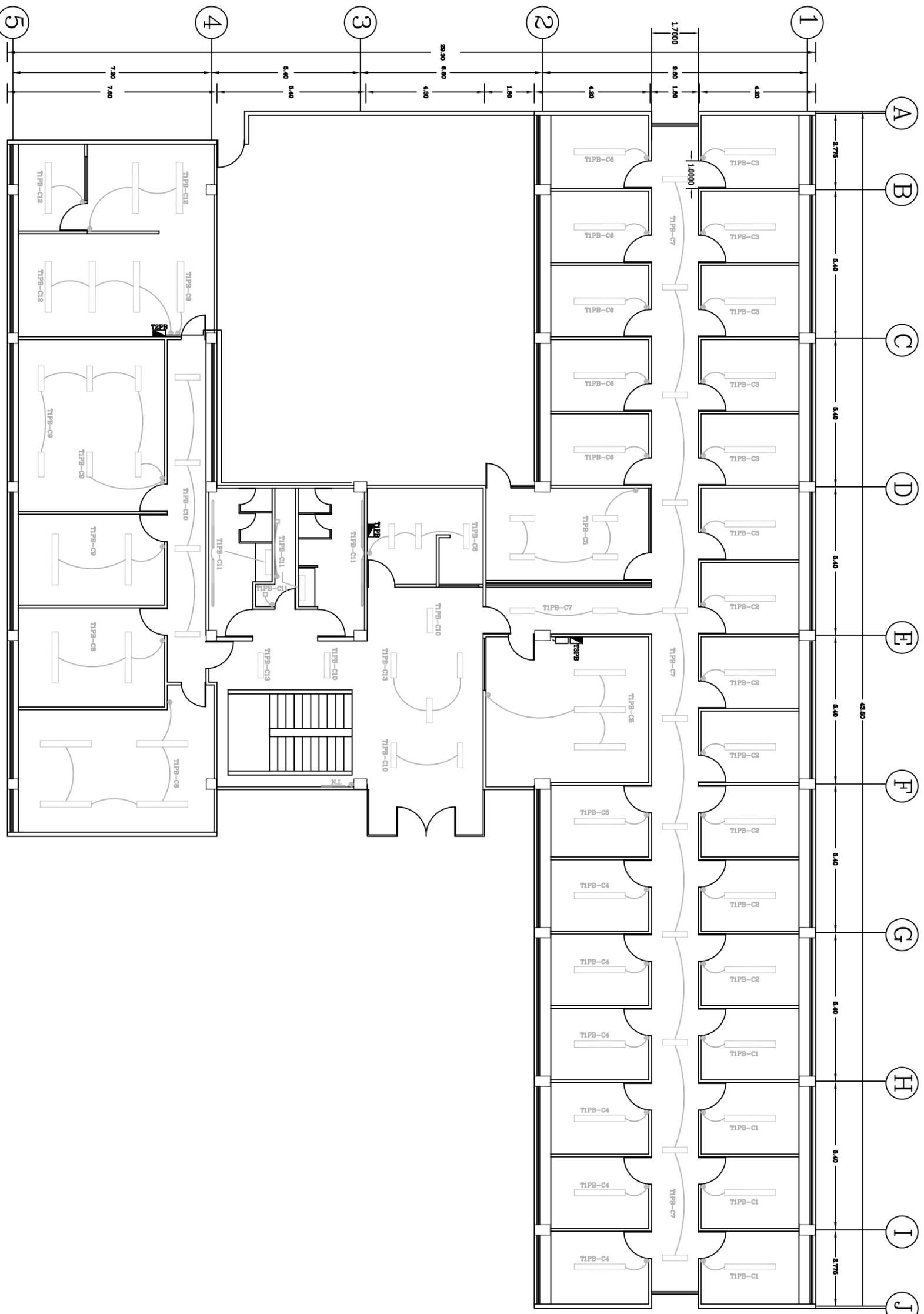
NOMBRE DEL PLANO: SISTEMA DE ALUMBRADO EN PLANTA BAJA

CLAVE: IEA-01

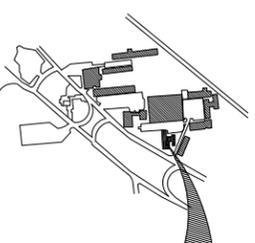
ESCALA: 1:75 FECHA: 2/2012

PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGIA PAEFI

PLANO: 01 DE: 05



CROQUIS DE LOCALIZACION



CROQUIS ESQUEMATICO



SIMBOLOGIA Y NOTAS

- LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SIMULINE DE 2X75 WATTS EN GABINETE DE 0.3 X 2.44 MTS.
- LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SIMULINE DE 1X75 WATTS EN CANALETA PARA UNA LAMPARA DE 0.3 X 2.44 MTS.
- LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SIMULINE DE 2X40 WATTS EN GABINETE DE 0.3 X 1.22 MTS.
- LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SIMULINE DE 1X40 WATTS EN CANALETA PARA UNA LAMPARA DE 0.3 X 1.22 MTS.
- LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SIMULINE DE 0.3 X 1.22 MTS. EN GABINETE DE 0.3 X 0.6 MTS.
- FOCO INCANDESCENTE NORMAL DE 100 WATTS
- LINEA DE CONEXION ENTRE LAMPARAS
- TABLERO TRIFASICO DE ALUMBRADO

N I NO IDENTIFICADO

- TN-M-CX T = TABLERO
- N = NUMERO DE TABLERO
- M = UBICACION DEL TABLERO
- C = CIRCUITO
- X = NUMERO DE CIRCUITO

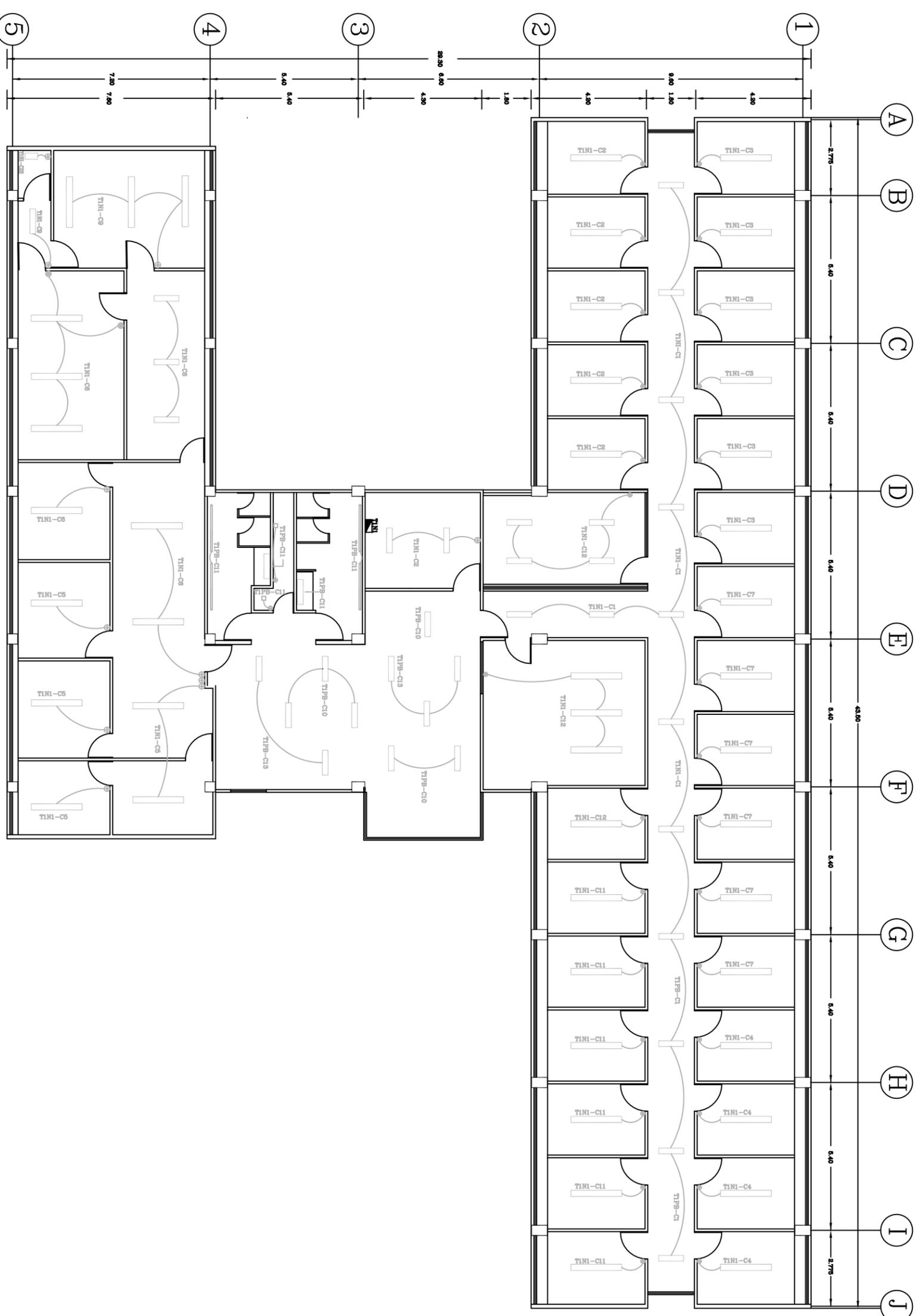
REV.	FECHA	DESCRIPCION
		INSTALACION ELECTRICA DE ALUMBRADO

PROYECTO No:	01
ARCHIVO DWG:	PL-PR-TOTAL.DWG
DIBUJÓ:	NATALIA LEÓN DOMINGUEZ
REVISÓ:	ING. SILVINA ALONSO SALINAS

<p>UNAM UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p>	<p>UNAM FACULTAD DE INGENIERIA</p>
<p>PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO DEL EDIFICIO DICYG</p>	<p>PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO DEL EDIFICIO DICYG</p>
<p>UBICACIÓN: CIRCUITO ESCOLAR EXTERIOR S/N AV. DE LAS AMÉRICAS, S/N. Y REFORMA, D.F.</p>	<p>UBICACIÓN: CIRCUITO ESCOLAR EXTERIOR S/N AV. DE LAS AMÉRICAS, S/N. Y REFORMA, D.F.</p>
<p>NOMBRE DEL PLANO SISTEMA DE ALUMBRADO EN PRIMER NIVEL</p>	<p>CLAVE: IEA-02</p>

ESCALA:	1:75	FECHA:	2/2012
PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGIA		PAEPI	

PLANO:	02	DE:	05
--------	----	-----	----



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO DEL EDIFICIO DICYG

UBICACIÓN: CIRCUITO ESCOLAR EXTERIOR S/N AV. DE LAS AMÉRICAS, S/N. Y REFORMA, D.F.

NOMBRE DEL PLANO: SISTEMA DE ALUMBRADO EN PRIMER NIVEL

CLAVE: IEA-02

ESCALA: 1:75

FECHA: 2/2012

PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGIA

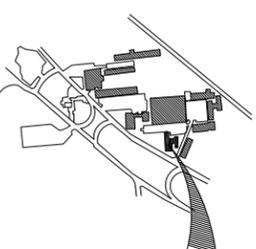
PAEPI

PLANO: 02 DE: 05

# PLANOS ELÉCTRICOS PROPUESTOS



CROQUIS DE LOCALIZACION



CROQUIS ESQUEMATICO



SIMBOLOGIA Y NOTAS

- LUMINARIA EMPOTRADA EN PLAFON  
 1.2 m x 0.3 m x 0.3 m, CON LAMPARA  
 FLUORESCENTE DE 2x28 W, 15', CON  
 BARRAS ELECTRONICO DE 2x28 W,  
 127 V, 60 Hz.
- LUMINARIA PARA LAMPARA FLUORESCENTE  
 COMPACTA DIAMETRO 0.193 m, LAMPARA DE 13W  
 CON BALASTRO ELECTRONICO DE 1x13 W,  
 EN TUBERIA ESFERICA, EN DIFUSOR DE VIDRIO,  
 EMPOTRADO EN PLAFON.
- APAGADOR SENCILLO 15 A, 127 V.
- DUCTO CUADRADO 6.5x6.5 cm.
- TUBERIA CONDUIT PARED DELGADA.
- A16 ATABLERO \*A\*: 16: NUMERO CIRCUITO  
 CALA DE CONEXIONES GALVANIZADA,  
 DIMENSIONES MINIMAS SEGUN LA  
 NOM-001-SEDE 2005.
- TABLERO TRIFASICO DE ALUMBRADO

REV.	FECHA	DESCRIPCION
		PROYECTO DE INSTALACION ELECTRICA DE ALUMBRADO

PROYECTO No.: 01  
 ARCHIVO DWG: PL-PR-TOTAL.DWG

DIBUJO: NATALIA LEON DOMINGUEZ  
 REVISO: ING. SILVINA ALONSO SALINAS

**UNAM**  
 PROYECTO:  
 DISEÑO DEL  
 SISTEMA DE ALUMBRADO  
 DEL EDIFICIO DIOYG

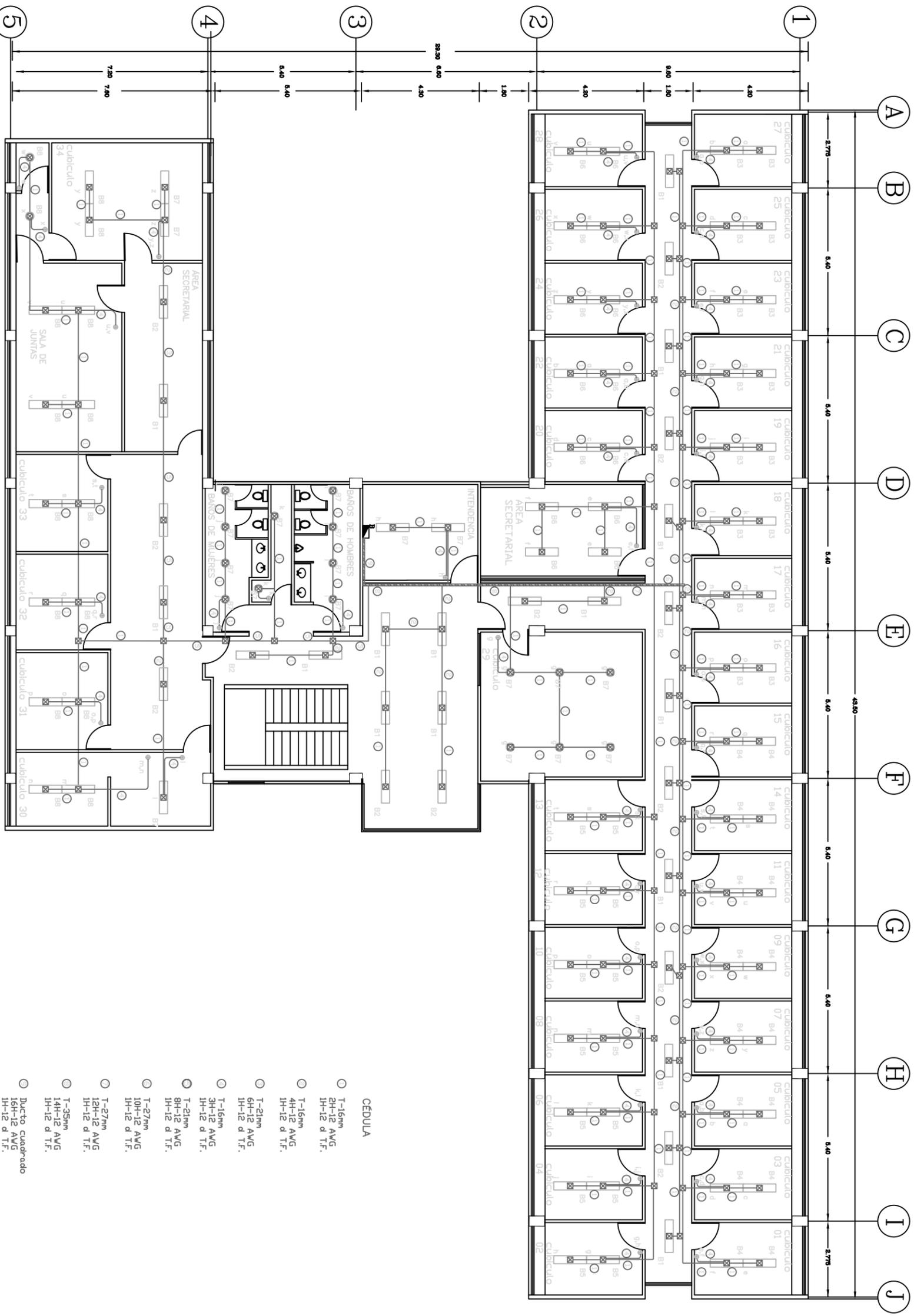
UBICACION:  
 CIRCUITO ESCOLAR EXTERIOR S/N  
 AV. DE LA UNAM, SEDE DE INGENIERIA  
 DEL DIO Y AERONAUTICA

**UNAM**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DIVISION DE ADMINISTRACION  
 DE OPERACIONES Y SERVICIOS

NOMBRE DEL PLANO: CLAVE:  
 PROYECTO DE AHORRO DE ENERGIA EN PRIMER NIVEL: PRIEA-02

ESCALA: 1:75      FECHA: 2/2012

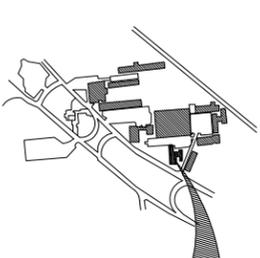
PLANO: 04      DE: 05



**CECULA**

- T-16mm 2H-12 AVG 1H-12 d T.F.
- T-16mm 4H-12 AVG 1H-12 d T.F.
- T-21mm 6H-12 AVG 1H-12 d T.F.
- T-16mm 3H-12 AVG 1H-12 d T.F.
- T-21mm 8H-12 AVG 1H-12 d T.F.
- T-27mm 10H-12 AVG 1H-12 d T.F.
- T-27mm 12H-12 AVG 1H-12 d T.F.
- T-35mm 14H-12 AVG 1H-12 d T.F.
- Ducto cuadrado 16H-12 AVG 1H-12 d T.F.

CROQUIS DE LOCALIZACION



CROQUIS ESQUEMATICO



SIMBOLOGIA Y NOTAS

- LUMINARIA EMPOTRADA EN PLAFON 1.2 mx0.3 mx0.9 m, CON LAMPARA FLUORESCENTE DE 2x28 W/15, CON BALASTRO ELECTRONICO DE 2x28 W, 127 V, 60 Hz.
- LUMINARIA PARA LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA DIAMETRO 0.193 m, LAMPARA DE 13W CON BALASTRO ELECTRONICO DE 1x1.5 W, REFLECTOR ESFERULAR, DIFUSOR DE VIDRIO, EMPOTRADO EN PLAFON.
- APAGADOR SENCILLO 15 A, 127 V.
- DUCTO CUADRADO 6.5x6.5 cm.
- TUBERIA CONDUIT PARED DELGADA.
- A16 ATABLERO "A", 16. NUMERO CIRCUITO
- CAYA DE CONEXIONES GALVANIZADA, DIMENSIONES MINIMAS SEGUN LA NOM-001-SEDE 2005.
- TABLERO TRIFASICO DE ALUMBRADO

REV.	FECHA	DESCRIPCION
		PROYECTO DE INSTALACION ELECTRICA DE ALUMBRADO

PROYECTO No: 01

ARCHIVO DWG: PL-PR-TOTAL.DWG

DEBUIJO: NATALIA LEON DOMINGUEZ

REVISO: ING. SILVINA ALONSO SALINAS

**UNAM** INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO DEL EDIFICIO DICYG

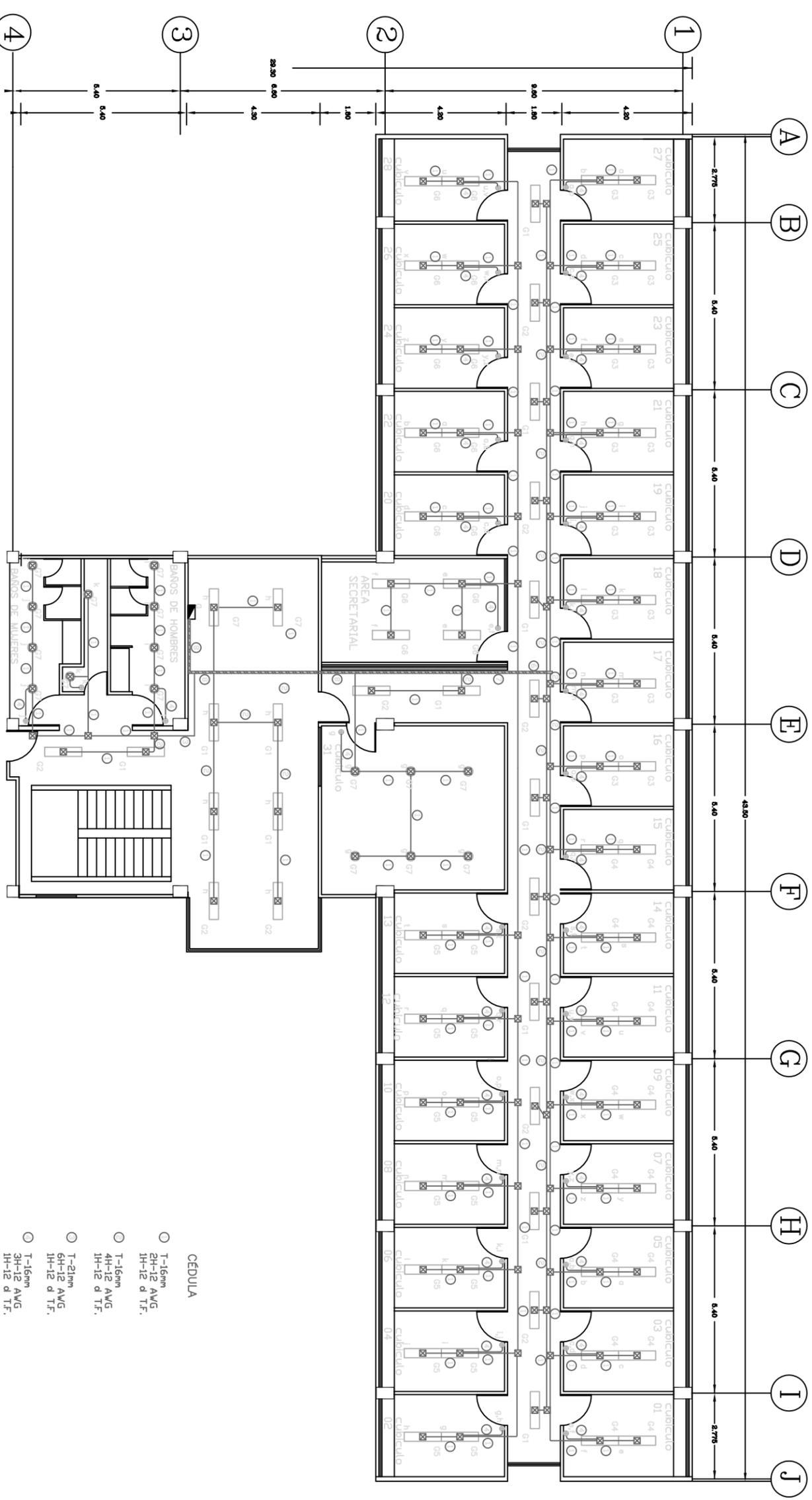
UBICACION: CIRCULO ESCOLAR EXTERIOR S/N CIRCULO UNIVERSITARIA OSIBO MEXICO, D.F.

NOMBRE DEL PLANO: PROYECTO DE ALUMBRADO EN SEGUNDO NIVEL

CLAVE: PRIEA-03

FECHA: 2/2012

ESCALA: 1:75	FECHA: 2/2012	PAEFLI
PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGIA		
PLANO: 04	DE: 05	



- CEDULA**
- T-16mm 2H-12 AV/G 1H-12 d T.F.
  - T-16mm 4H-12 AV/G 1H-12 d T.F.
  - T-21mm 6H-12 AV/G 1H-12 d T.F.
  - T-21mm 3H-12 AV/G 1H-12 d T.F.
  - T-21mm 4H-12 AV/G 1H-12 d T.F.
  - T-27mm 10H-12 AV/G 1H-12 d T.F.
  - T-27mm 14H-12 AV/G 1H-12 d T.F.
  - T-35mm 14H-12 AV/G 1H-12 d T.F.

## BIBLIOGRAFÍA

C.V. *Lamps*. (s.f.). Recuperado el 2011, de Lámparas de vapor de mercurio a media presión: <http://www.cvlamps.com/funcionamiento.htm>

CFE. (s.f.). *Conoce tu tarifa*. Recuperado el Noviembre de 2011, de <http://www.cfe.gob.mx>

CFE. (s.f.). *Disposiciones 03*. Recuperado el Diciembre de 2011, de Factor de potencia: <http://cfe.gob.mx>

CFE. (s.f.). Especificación CFE L000 45. *Perturbaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente del suministro de energía eléctrica* .

CONUEE. (2011). *Guía para la elaboración de un diagnóstico energético en inmuebles*. México DF.

*Enciclopedia Financiera*. (s.f.). Recuperado el Diciembre de 2011, de Tasa Interna de Retorno TIR: <http://www.encyclopediainanciera.com>

FIDE. (s.f.). *Especificación sello FIDE No. 442*. Recuperado el 2011, de <http://www.fide.org.mx>

Hernández, I. M. (Junio de 2011). Secretario Académico de la DIC y G.

Krick, E. Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería. LIMUSA.

Labrador, I. M. (s.f.). *Diagnóstico Energético*. Recuperado el Noviembre de 2011, de Diagnóstico Energético: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia25/HTML/articulo09.htm>

Leonardo, F. (2010). Edificios Sustentables. *Schneider en Línea* , 36.

Oficial, D. (2004). Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios. *Norma Oficial Mexicana NOM 007 ENER* .

Oficial, D. (2005). Norma Oficial Mexicana. *Instalaciones eléctricas (utilización) NOM 001 SEDE* .

PHILIPS. (s.f.). *Catálogo*. Recuperado el 2011, de <http://www.ecat.lighting.philips.com>

*Portal DIC y G*. (s.f.). (Facultad de Ingeniería) Recuperado el 2011, de <http://DICyG.fi-c.unam.mx:8080/Site/quienes-somos>

Raitelli, I. M. (2006). *Editorial Universitaria de la Universidad Tecnológica Nacional*. Recuperado el Noviembre de 2011, de Libros electrónicos "Diseño de la iluminación de interiores": <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion>

UNAM, F. d. (s.f.). *Proyectos*. Recuperado el Diciembre de 2011, de Dudas Frecuentes: <http://www.economia.unam.mx/sua/site/materia/sem4/proyectos/dudas.html>