

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR

DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICA



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



SEP

TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO

QUE PRESENTA:

MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ JUÁREZ

CON EL TEMA:

“PROYECTO DE AHORRO DE ENERGÍA PARA EL ALUMBRADO DE LAS OFICINAS TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS DE LA C.H. ING. MANUEL MORENO TORRES, MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN DEL ALUMBRADO Y EQUIPO ACTUAL E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES PARA EL SUMINISTRO PROPIO.”

MEDIANTE:

OPCION X

(MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL)

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

SEPTIEMBRE 2015

Índice

1. Introducción	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Estado del Arte	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivo General	5
1.5 Metodología	5
1.6 Problemas a resolver	7
1.7 Alcances y Limitaciones	7
2. Marco Teórico	7
2.1 Uso Eficiente de la Energía	7
2.2 Iluminación Eficiente	9
2.3 Clasificación De Las Fuentes Luminosas	10
2.4 Tipos de lámparas Led	13
2.5 Energía Solar Fotovoltaica	16
3. Desarrollo	21
3.1 Levantamiento Físico Del Alumbrado De Las Oficinas	21
3.2 Cálculo De Carga Instalada En Alumbrado De Las Oficinas	25
3.3 Medición Del Nivel De Iluminación De Las Oficinas	27
3.4 Análisis De La Iluminación Del Sistema Actual	29
3.5 Método De Los Lúmenes	30
3.6 Modelo de luminarias tipo LED	34
3.7 Cálculos Del Número De Luminarias En Las Oficinas	38
3.8 Cálculo De La Carga Del Alumbrado Con la Luminaria Propuesta	50
3.9 Comparación De Ahorro De Energía Del Alumbrado	53
3.10 Sistema Fotovoltaico Para El Alumbrado De Las Oficinas	54
3.11 Análisis de Costos Y Retorno De La Inversión	65
4. Resultados y Conclusiones	71
4.1 Resultados	71
4.2 conclusiones	72
Referencias Bibliográficas	74
Anexos	75

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Generar la energía eléctrica requiere de la combustión de carbón, gas y petróleo, pero esto produce gran cantidad de contaminantes que se emiten a la atmósfera, provocando consecuencias perjudiciales como el “efecto invernadero”, que incrementa la temperatura atmosférica del planeta y produce nocivos cambios climáticos como sequías en algunas regiones, e inundaciones y huracanes en otras.

Además de los problemas de contaminación, el alto precio del petróleo aumenta el costo de la energía eléctrica, por ello es urgente lograr su consumo eficiente en todos los ámbitos. El cambio climático constituye actualmente la mayor amenaza ambiental de este siglo, un hecho hoy día reconocido por gobiernos, científicos, empresas y organizaciones de todo tipo.

Aunque la variación del clima constituye un fenómeno natural, el problema al que nos enfrentamos es que esta variación se está viendo acelerada como consecuencia del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero originadas por la actividad humana. El principal gas de efecto invernadero emitido por el hombre es el dióxido de carbono o CO₂, procedente en su mayor parte de la quema de combustibles fósiles.

La conciencia mundial sobre el uso de recursos y la creciente preocupación sobre los impactos ambientales, está aumentando el protagonismo de las fuentes renovables de energía. Sin embargo, esta misma situación ocasiona que los nuevos proyectos con fuentes renovables de energía, sean analizados con una perspectiva más estricta en todos sus impactos.

1.2 Estado del Arte

En la actualidad varias organizaciones han estado implementando los métodos de eficiencia y ahorro de energía para los diversos sectores en el mundo entero esto con el fin de promover el cuidado al medio ambiente con el fin de reducir los contaminantes y al mismo tiempo el ahorro de energía. Por ejemplo una de las organizaciones es el Fideicomiso de Apoyo, al Programa de ahorro de Energía del sector eléctrico (FIDE).

Es un organismo de carácter privado, no lucrativo, creado para promover acciones que induzcan y fomenten el ahorro de energía eléctrica. Tiene como objetivo apoyar la realización de proyectos demostrativos que permitan inducir y promover el ahorro y uso racional de la energía eléctrica en la industria, comercio y servicios, así como asesorar e incidir en los hábitos de consumo eléctrico de la población [8].

El FIDE impulsa el uso racional de energía eléctrica especialmente entre las empresas industriales, considerando que es en este sector donde se ubica, a nivel nacional, el 50 % del potencial de ahorro. Muchos de los diferentes sectores de producción y empresas han puesto en marcha diversos tipos de programas de iluminación eficiente. Estos programas contemplan campañas de información, difusión, demostración y normativas eficientes.

Al igual el ASI (Ahorro Sistemático Integral) de la CFE es un fideicomiso del gobierno federal sin fines de lucro que se creó para financiar equipos de alta eficiencia a las familias que así lo necesiten. Como funciona, opera a través de distribuidores regionales asociados, a quienes se les paga de contado el costo total del equipo que uno elige.

También existen diversas guías creadas por fundaciones, institutos sindicales, organizaciones, asociaciones, agencias. Que son proyectos que tiene como objetivo promover el reconocimiento y el ejercicio de los derechos de acceso a la información y la participación en las cuestiones ambientales y el uso eficiente de la energía. Por ejemplo uno de ellas son: El Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), La Agencia de Protección Ambiental, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA).

Lo que aquí se presenta como proyecto es implementar el ahorro de energía mediante medidas de eficiencia energética en la iluminación y el uso de una fuente alterna de energía, como lo es la energía fotovoltaica, esto con el objeto de tomar conciencia social respecto a los retos y los problemas ambientales que es cada vez mayor.

Extendiendo el convencimiento de que, todo ahorro y eficiencia, son los cambios básicos y estructurales necesarios, que han de llevarse a cabo en ámbitos tan diversos como en nuestro urbanismo, nuestra arquitectura, las formas de producción, en las expectativas y en las conductas. Junto a una mayor conciencia de los retos ambientales, los incentivos económicos resultarán fundamentales para el cambio en la dirección correcta.

Aquí en la empresa, las medidas de ahorro y eficiencia son un camino, muy relevante en muchas actividades, para la mejora de su viabilidad y para la innovación productiva, y constituyen la mejor defensa ante los crecientes costos de la energía, y la mejor garantía de suficiencia y en el beneficio de la sociedad y el medio ambiente a nivel global [8].

1.3 Justificación

Vale la pena hacer el presente proyecto porque con él se obtendrán mejoras en la iluminación mediante el reemplazo de luminarias más eficientes, además con los sistemas de iluminación se obtiene un beneficio en el medio ambiente que se manifiesta al disminuir el consumo de energía; pues consecuentemente se disminuye la generación de energía eléctrica del país.

De tal forma si todas las empresas y negocios aplicaran productos más eficientes, se lograría ahorrar energía aproximadamente hasta un 50% esto significa retardar la instalación de nuevas plantas generadoras del tipo: carboeléctricas, termoeléctricas y turbo jet. Las cuales para su operación utilizan combustibles pesados y contaminantes por el tipo de emisión que producen.

Por lo anterior se podría obtener una reducción estimada en los niveles de “Bióxido de Azufre (SO₂) de 7 a 5% y el bióxido de carbono (CO₂), que son la principal causa de la lluvia acida; todo esto según la Agencia de Protección Ambiental (EPA)”, por lo cual gradualmente se está cambiando el clima globalmente; y esto es conocido como: efecto Invernadero.

Además el usar una fuente alterna de energía que este caso será la implementación de paneles solares, el cual promueve el cuidado al medio ambiente y reducir todos aquellos factores que dañan a este, y optar por las acciones dirigidas a mejorar la eficiencia y conseguir ahorros energéticos reales y efectivos que como puntos importantes a los que tiene como objetivos son los siguientes puntos:

Primero.- Contribuye a disminuir el consumo de electricidad en el lugar de trabajo y a generar una concientización de un uso eficiente de la energía para aplicarlo también en el hogar o en ámbitos externos a la empresa. Segundo.-Contribuye al cuidado del medio ambiente: optimiza las necesidades de generar energía y reduce el impacto ambiental asociado. Tercero.- Permite postergar el agotamiento de los recursos energéticos fósiles. Cuarto.- Permite ahorrar dinero.

1.4 Objetivo General

Implementar el ahorro de energía en el alumbrado y equipo actual de las oficinas técnicas y administrativas mediante el reemplazo de las mismas, aplicando medidas de eficiencia energética y la instalación de paneles solares para la alimentación independiente de la red eléctrica, promoviendo la utilización de fuentes alternas de energía y el cuidado del medio ambiente.

1.5 Metodología

A continuación se muestra un diagrama a bloques de los pasos a seguir para la realización de este proyecto, como primer paso se hace un levantamiento físico de las oficinas técnicas y administrativas, una vez terminado esta actividad se procede a realizar el cálculo de carga de acuerdo a los datos obtenidos en primer punto. Y al mismo tiempo se procede a las mediciones de iluminación.

Luego hay que realizar un análisis comparativo entre la carga actual que se tiene con la proyectada en donde se pueda apreciar la reducción de la demanda, al término de este análisis se procede al dimensionado del sistema fotovoltaico para poder abastecer esa demanda de energía propuesta para ver los impactos económicos y ambientales que se obtendrán para ver las viabilidad del proyecto.

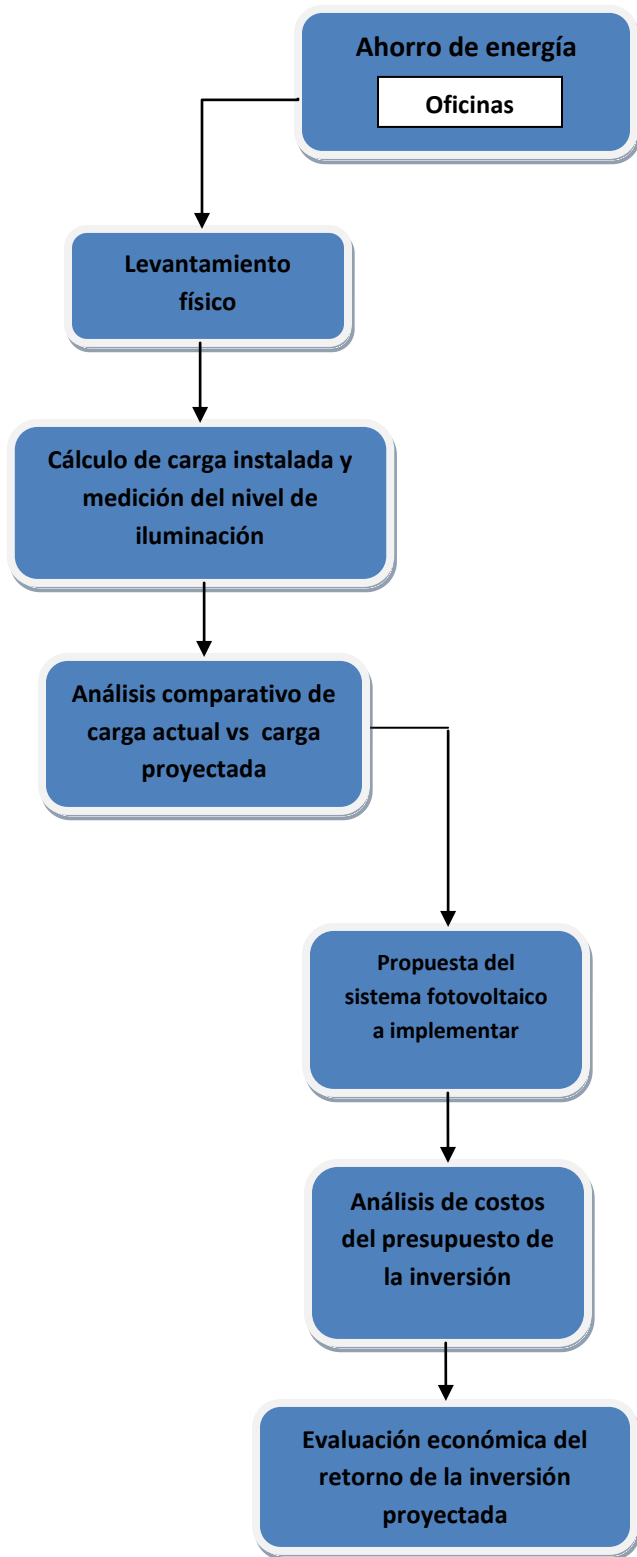


Fig. 1.1 Diagrama de bloques de la metodología.

1.6 Problemas a resolver

- Falta de luminosidad en las áreas de las oficinas.
- Ahorro de energía en el alumbrado.
- Mayor eficiencia de luminarias en cuanto al tiempo de vida útil y la eficacia.
- Menor mantenimiento de las luminarias para reducir los costos.
- Dimensionado del sistema fotovoltaico para las oficinas para determinar la viabilidad de utilizar una fuente alterna de energía.

1.7 Alcances y Limitaciones

Alcances.- Los alcances que se lograrán con el proyecto, proporcionará una solución técnica – económica en el ahorro de energía del sistema de alumbrado así como una eficiente iluminación, basándose en los criterios de los cálculos a desarrollar. Se determinará la viabilidad del proyecto expuesto, su rentabilidad, sus ventajas y su monto de inversión. Priorizando la utilización de una de fuente de energía renovable.

Limitaciones.- La decisión de la implementación del proyecto desarrollado, queda a discreción de los representantes administrativos de la empresa de acuerdo al resultado que se obtenga, lo cual limite el alcance del proyecto como lo es el presupuesto-costos-beneficio.

2. Marco Teórico

2.1 Uso Eficiente de la Energía

Prácticamente todas las actividades que desarrolla el ser humano requieren de la utilización de los recursos energéticos en mayor o menor grado. Comenzando con los alimentos que son la mínima cantidad de energía necesaria para vivir se puede continuar la lista con la energía utilizada para obtener materias primas, para desarrollar los procesos productivos, para impulsar el transporte, para la actividad comercial entre otras.

Pero a la vez, desde otra perspectiva, se aprecia que la energía también se relaciona de manera vital con otras dimensiones del desarrollo humano, tales como los niveles de pobreza, la seguridad alimentaria, la salud, la creación de empleo, el desarrollo rural y urbano y el medio ambiente con sus vinculaciones con la salud humana y la de los ecosistemas.

El explosivo incremento en el consumo energético conduce a un conflicto con el concepto de Desarrollo Sustentable conocido como trilema energético caracterizado por tres elementos fundamentales: a) las limitaciones de los recursos energéticos, b) los factores económicos y c) los efectos ambientales asociados a la transformación y consumo de energía. En virtud del trilema energético, la creciente demanda de servicios energéticos y consecuentemente de los recursos energéticos, representa uno de los desafíos más importantes que deberá enfrentar la humanidad en el futuro.

Por lo tanto como una solución a esta problemática se aplica el uso eficiente de la energía. Se entiende por uso eficiente de la energía a la aplicación de: a) Tecnologías, sistemas o modos de uso que reduzcan la cantidad de energía consumida para conseguir el servicio energético deseado y b) las metodologías necesarias para la promoción de a). La gestión de la demanda se refiere a la aplicación de metodologías y/o tecnologías que modifiquen la forma de la curva de carga sin que esto implique necesariamente un menor consumo energético.

Esto es fundamental en el caso de la energía eléctrica que no puede ser convenientemente almacenada en grandes cantidades, y en donde el suministro debe seguir a la demanda instante a instante razón por la cual la variación temporal de la carga es tan importante como la magnitud de la energía consumida. La eficiencia energética y la gestión de la demanda van de la mano en un futuro energético orientado a los usos finales.

La definición de la estrategia energética orientada a los usos finales comprende los siguientes pasos. Primer.- estimar la magnitud del consumo energético de cada uso final, por ejemplo: transporte, iluminación, refrigeración, fuerza motriz industrial, Estudiando pormenorizadamente los usos finales de la energía a partir de relevamiento de datos, auditorías, mediciones.

Segundo.- evaluar las tecnologías relacionadas con los artefactos de uso final empleados actualmente (motores, lámparas, heladeras) particularmente su eficiencia energética además de los aspectos técnicos, y los factores económicos y ambientales consultando información técnica, mediante ensayos, análisis comparativo determinando las ventajas y desventajas.

Tercero.- recopilar datos acerca de los artefactos de uso final energéticamente eficientes, sus rendimientos, costos y otras características técnicas. Cuarto.- buscar información acerca de las tecnologías alternativas para la producción de energía. Incluyendo en el estudio fuentes y tecnologías tanto convencionales como no convencionales, y especialmente aquellas basadas en fuentes renovables y/o procesos de conversión menos contaminantes.

Cuarto.- estimar la demanda futura de los servicios energéticos. Basándose en la expectativa de crecimiento poblacional, el incremento en la actividad económica, y otros factores, o sea planteando un futuro escenario energético. Quinto.- elaborar una metodología para determinar la óptima combinación de tecnologías de producción, distribución y ahorro de energía, con el objeto de satisfacer los futuros requerimientos de los servicios energéticos al mínimo costo social.

Utilizando toda esta información puede determinarse cuál es la combinación óptima de fuentes centralizadas y distribuidas, renovables y no renovables, aprovechando medidas rentables de eficiencia energética, gestión de la demanda y otras oportunidades identificadas en el análisis por usos finales [1].

2.2 Iluminación Eficiente

Hasta no hace mucho el diseño de iluminación implicaba suministrar luz en cantidades apropiadas a fin de posibilitar la realización de las tareas con alto rendimiento visual. El aspecto cualitativo se limitaba, eventualmente, a eliminar o reducir posibles efectos de deslumbramiento. Sin embargo, el descubrimiento de que la luz no sólo afecta las capacidades visuales de las personas.

Sino también su salud y bienestar, por un lado, el vertiginoso desarrollo tecnológico de fuentes luminosas, dispositivos ópticos y sistemas de control y la necesidad de utilizar los recursos energéticos de manera más eficiente, por otro, le dieron al concepto de diseño un perfil notablemente más cualitativo. Teniendo en cuenta ese nuevo enfoque, se puede decir que un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales.

Crea también ambientes saludables, seguros y confortables, emplea apropiadamente los recursos tecnológicos (fuentes luminosas, luminarias, sistemas ópticos, equipos de control, etc.), hace un uso racional de la energía para contribuir a minimizar el impacto ecológico y ambiental; todo esto por supuesto, dentro de un marco de costos razonable, que no solamente debe incluir las inversiones iniciales sino también los gastos de explotación y mantenimiento.

Programas de iluminación eficiente en el mundo: Diversos factores contribuyen a que la iluminación sea uno de los primeros usos finales donde se haya comenzado a trabajar aplicando medidas de eficiencia energética. No obstante, es recomendable seguir el proceso que se emplea en otros campos del diseño y que se indica esquemáticamente en la **Fig. 2.1**.

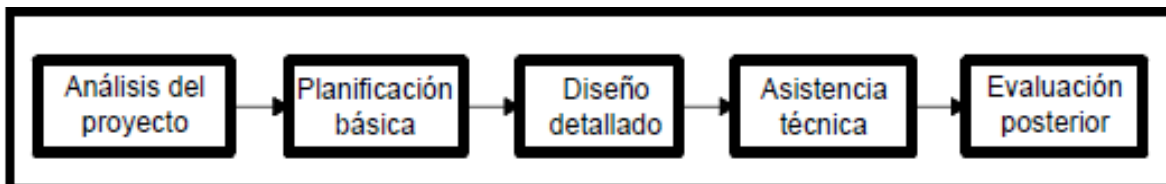


Fig. 2.1 “Proceso de diseño de iluminación”

La iluminación tiene la potencialidad de modificar no solamente el estado de operación del sistema visual sino también de afectar la manera en que el ser humano realiza una tarea o se desenvuelve en un medio ambiente luminoso. En este sentido, la iluminación puede actuar como un factor positivo, favoreciendo el desempeño de las personas, o puede influir negativamente.

El ser humano posee tres sistemas a través de los cuales la iluminación puede influir la forma en que una persona se desempeña en una dada situación: el sistema circadiano, el sistema visual y el sistema perceptual. En la figura, se esquematiza los tres caminos a través de los cuales las condiciones de iluminación pueden producir un impacto sobre el rendimiento humano y las interacciones entre ellos [1].

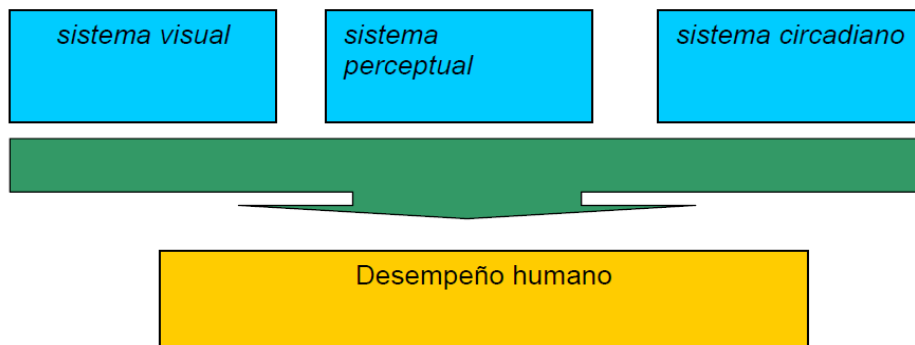


Fig. 2.2 “Marco conceptual que incluye los tres caminos: circadiano, visual y perceptual, a través de los cuales las condiciones de iluminación pueden influir sobre el desempeño humano”

La iluminación regula el ritmo de la fisiología del ser humano, y el de casi todos los seres vivos. El ciclo día-noche regula el comportamiento humano a partir de las variaciones de los ritmos hormonales que ocurren en el período de las 24 horas y cuya manifestación más evidente es la alternancia entre estar despierto y dormido.

El efecto de la iluminación sobre la visión es el más evidente y conocido de los efectos que produce la luz sobre el rendimiento humano. El sistema visual humano procesa en forma eficiente, la imagen que del mundo exterior forma su sistema óptico sobre la retina. El sistema perceptual actúa una vez que la imagen retiniana ha sido procesada por el sistema visual.

2.3 Clasificación De Las Fuentes Luminosas

La Figura siguiente muestra una clasificación de las fuentes luminosas artificiales, de acuerdo a los fenómenos involucrados en la generación de luz. Las fuentes artificiales se dividen principalmente en dos ramas que son: las que tiene un principio de funcionamiento de incandescencia y la otra de luminiscencia; en la primera clasificación se encuentran las lámparas incandescentes estándar la que comúnmente se utiliza por ser una de las económicas.

Las incandescentes halógenas que por la necesidad de mejorar la relación eficacia-vida en las lámparas incandescente convencional llevó a la incorporación de un gas haluros aditivo-bromo, cloro, flúor, yodo. Dentro de la luminiscencia existen dos tipos las cuales son las fotoluminiscencias, son lámparas de descarga en gas que estas pueden ser a baja presión, esta clasificación la integran las fluorescentes lineales, compactas, de inducción y sodio de baja.

Las lámparas de alta presión están integradas por la de sodio de alta, las de mercurio, y halógenos metálicos. Las electroluminiscencias son las lámparas tipo led's, una de las lámparas que actualmente han tenido un gran impacto por Bajo consumo: Una lámpara led requiere menor potencia para producir la misma cantidad de luz. El beneficio es notable cuando se trata de luz de color [1].

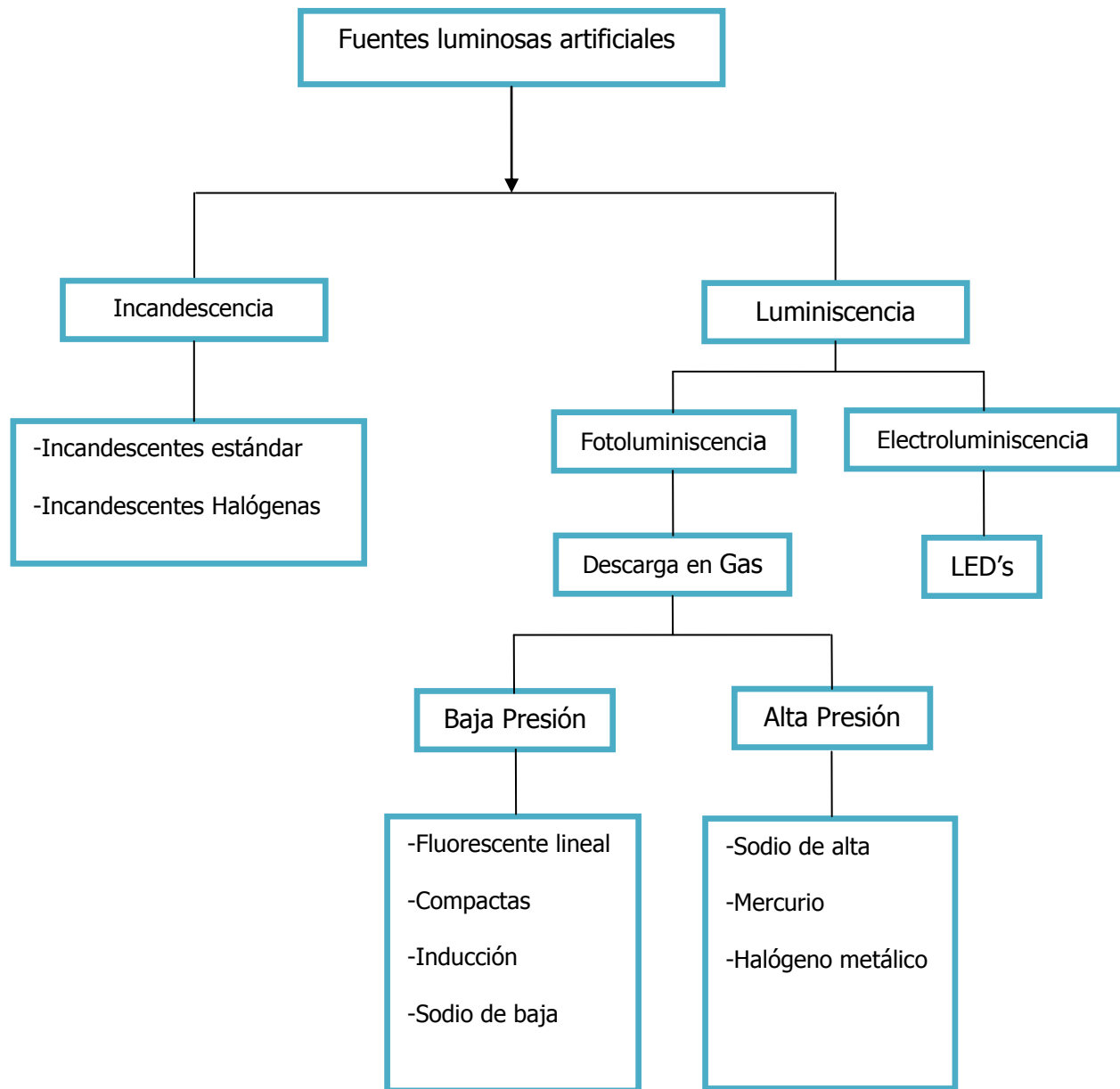


Fig. 2.3. Clasificación de las fuentes luminosas más importantes.

ILUMINACIÓN LED

LED (Light Emitting Diode): Un LED es un componente electrónico de estado sólido que comenzó a ser producido en la década del 60. La sigla LED se debe a la expresión “light emitting diode” o, en español, diodo emisor de luz. Este tipo de semiconductores pertenece a la familia de los diodos. Los diodos tienen la particularidad que conducen la corriente eléctrica más fácilmente en un sentido que en otro. La simbología perteneciente a un LED se representa en la Figura 2.4.

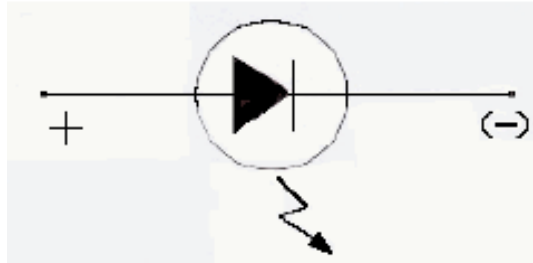


Fig. 2.4. Simbología de un LED

Este tipo de semiconductores son del tipo p-n. La adición de impurezas selectivas a un cristal semiconductor puede producir un exceso de electrones libres en la banda de conducción. Estos son semiconductores tipo-n. Semiconductores tipo-p se logran usando otras impurezas que producen excesos de agujeros (ausencia de un electrón) en la banda de valencia, donde un agujero tiene una carga igual y opuesta a la del electrón.

En el material tipo-p los electrones son conductores de carga minoritaria mientras los agujeros la mayoritaria. La inversa ocurre para el material tipo-n. Existen técnicas para preparar un cristal único casi perfecto en el cual se produce el cambio de conductividad entre la parte tipo-p a la tipo-n dentro de una pequeña región de transición.

Detalles constructivos de un LED: Una lente clara o difusa, hecha con una resina epoxi, cubre el chip semiconductor y sella al LED en forma de cápsula. La misma provee también un control óptico a la luz emitida, ya que incrementa el flujo luminoso y reduce las reflexiones en la superficie del semiconductor, logrando de este modo una variedad de distribuciones angulares. Los componentes que conforman un LED se pueden observar a continuación [1].

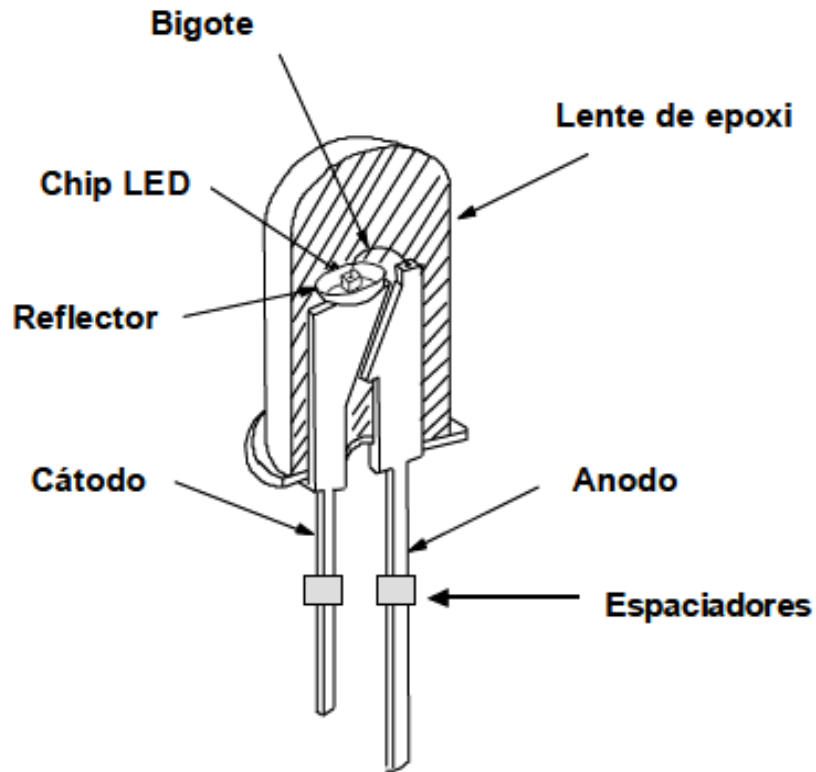


Fig. 2.5. Componentes de un LED

2.4 Tipos de lámparas LED:

Dentro de la iluminación LED existen distintos tipos de lámparas, como los LED SMD (surface mounted device) o las LED COB (chip on board). ¿Pero qué diferencias existen entre ellas? Debido a su construcción, básicamente las COB poseen un rendimiento lumínico mayor y disipan mejor el calor que las SMD.

Estas lámparas LED puede que nos preguntemos: ¿si los LEDs no emiten calor, por qué es necesario que este se disipe? Cuando tocamos una lámpara LED no nos quemamos los dedos, los LEDs emiten calor, aunque este se proyecta en dirección contraria a la luz. En consecuencia, el calor se vierte en la parte trasera del chip LED y para que esta parte no se recaliente, es necesario que se disipe bien.



Fig. 2.16. Las lámparas LED COB (chip on board – chip en placa) disipan mejor el calor y poseen un rendimiento lumínico mayor que las SMD (surface mounted device - Dispositivo de montaje superficial).

Con el fin de superar este obstáculo, las investigaciones en iluminación LED dieron como resultado los LED COB, (“chip en la placa”). Este lleva insertados multitud de LEDs en un mismo encapsulado, y por su propia construcción, disipa mejor el calor. Así, soporta el estar encendido constantemente, con lo que es el más adecuado para instalar en lugares de trabajo.

En cuanto a los LED SMD, (dispositivo de montaje superficial), estos están encapsulados en una resina semirígida que se ensambla de manera superficial, y suelen ser los más indicados para instalar en lugares de paso donde la iluminación no va a estar continuamente encendida o para cuando necesitemos una luz más tenue, puesto que el chip LED puede alcanzar altas temperaturas. Pero veamos a continuación las características de ambas lámparas.

Características de los LED COB:

- Proporciona hasta 120 lumen/vatio, el doble de rendimiento lumínico que proporcionan los LEDs SMD.
- Su ángulo de apertura puede ser de hasta 160°.
- La intensidad lumínica es mayor sin necesidad de concentrar tanto el haz de luz
- Sus costos de fabricación son menores que los LEDs SMD, alrededor de un 20% menos.
- No necesitan un circuito eléctrico para funcionar, con lo que los dispositivos apenas sufren.
- Emite una luz multidireccional y no causan deslumbramiento.
- Soporta bien las fluctuaciones de la corriente eléctrica.

Características de los LED SMD:

- Emiten un haz de calidad, aunque proporciona entre 60-70 lúmenes/vatio, la mitad que los LED COB.
- Si se daña algún LED existe un dispositivo que los suplente para que el resto funcione sin problemas.
- No pueden estar continuamente encendidos. En las juntas del LED con la base del chip se producen altas temperaturas que podrían dañar el dispositivo
- Dependiendo del material semiconductor con que se fabrique se podrán obtener más variedad de colores. En el caso del modelo RGB, con los tres LEDs de colores primarios, puede desarrollar hasta 16 millones de colores con la mezcla aditiva.
- Poseen un índice de reproducción cromática (CRI) del 80% reproduciendo los colores fielmente.
- El ángulo de apertura puede ser de 360°, porque los LEDs se pueden distribuir por todo el cuerpo de la bombilla.
- Son muy resistentes a los golpes puesto que no tienen filamento.
- Emite luz unidireccional exclusivamente, por eso es adecuada para las viviendas.



Fig.2.17. Por definición un LED SMD es un diodo emisor de luz de montaje en superficie, este tipo de LED está encapsulado (solo o junto a más LEDs) en una resina semirígida y dispuesto sobre un circuito impreso.

2.5 Energía Solar Fotovoltaica

La Energía Solar.- La radiación solar es la propagación, de la energía emitida por el Sol, por el espacio de forma análoga a la luz, que nos llega, aportando luz y calor, y establece los ciclos naturales, tales como el ciclo del carbono y el agua, dando indirectamente lugar al resto de formas de energía natural, es decir, toda la actividad atmosférica tiene como fuente energética al Sol.

Las magnitudes más importantes para evaluarla son la Irradiancia y la irradiación. Al llegar a la superficie terrestre la radiación solar debe atravesar la atmósfera, donde experimenta diversos fenómenos de reflexión, absorción y difusión que disminuyen la intensidad final.

Definición.- La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos. Esta conversión de la energía de luz en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico. La radiación solar es captada por los módulos fotovoltaicos, entonces estos generan energía eléctrica (efecto fotovoltaico) en forma de corriente continua.

Efecto fotovoltaico.- Cuando una célula fotovoltaica convierte la luz en electricidad le llamamos el efecto fotovoltaico (FV). Los fotones, (se le llama fotón a la partícula mediadora de la interacción electromagnética y la expresión cuántica de la luz). El efecto fotovoltaico puede generarse mediante diferentes tipos de energías dependiendo de las distintas longitudes de las ondas solares. El rendimiento de conversión es, la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica.

Cuando los fotones chocan con las células fotovoltaicas, estos pueden ser absorbidos, reflejados e incluso pasar a través de las células. Solo los fotones absorbidos pueden generar electricidad solar. Cuando es absorbido el fotón, la energía de este se conduce hacia un electrón de un átomo de la célula. Al generarse esta nueva energía, este electrón es capaz de transformarse y pasar a formar parte de una corriente en un circuito eléctrico. La corriente de electrones es creada en las capas de semiconductores de la célula solar.

Los semiconductores son tratados para que formen dos capas diferentes para formar un campo eléctrico, positivo y negativo. La corriente eléctrica se forma gracias a los electrones atrapados en el campo eléctrico, una vez que la luz se proyecta en la célula solar. Las células se fabrican con materiales que actúan como aislantes con bajas temperaturas y como conductores cuando se aumenta la energía.

Células Fotovoltaicas.- Son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los fotones inciden sobre ellos. Convierten energía luminosa en energía eléctrica [6].

Están formados por células elaboradas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 V, utilizando como materia prima la radiación solar.



Fig. 2.18. Célula fotovoltaica.

Paneles solares.-

Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado a las aplicaciones eléctricas; los paneles captan la energía solar transformándola directamente en eléctrica en forma de corriente continua, que se almacena en acumuladores, para que pueda ser utilizada fuera de las horas de luz.

Los módulos fotovoltaicos admiten tanto radiación directa como difusa, pudiendo generar energía eléctrica incluso en días nublados. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son: la radiación de 1000 W/m^2 y la temperatura de célula de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (no temperatura ambiente).

Un panel solar o modulo fotovoltaico esta formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporcionada en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6V, 12V, 24V...), que definirá la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.

En la Fig. 2.15. Se destacan las principales características de todo el panel solar y puede verse un esquema típico de su construcción [6].

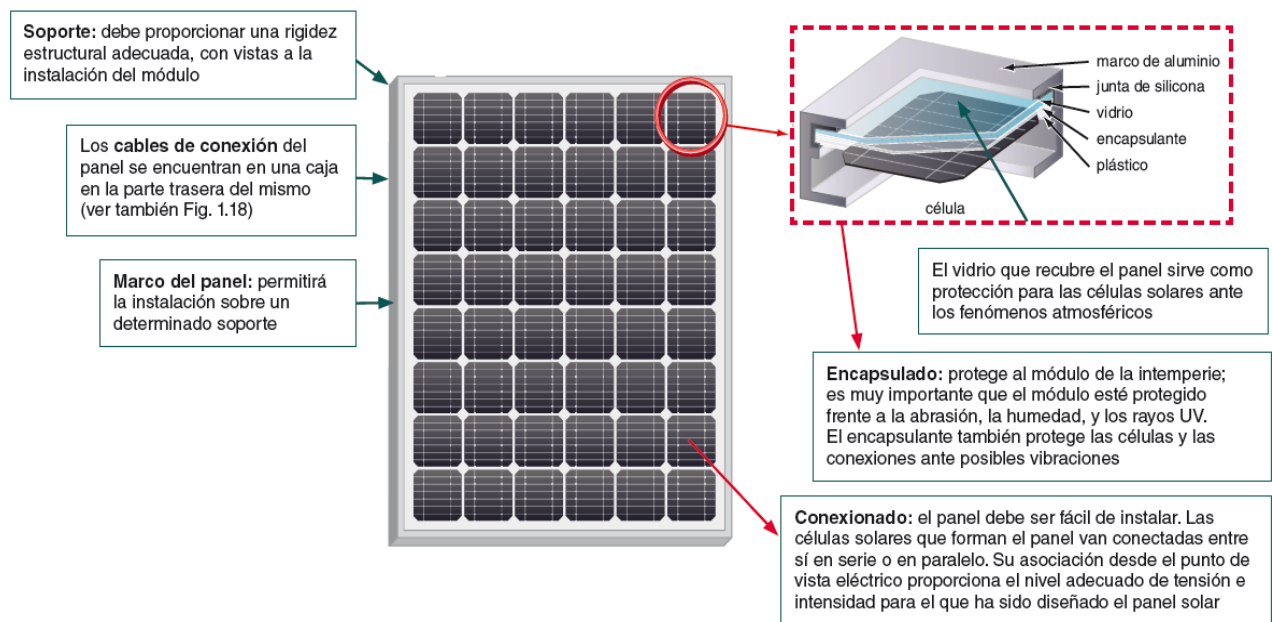





Fig. 2.19. Panel solar

Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente:

- Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).
- Silicio amorfo

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Diferencia entre los paneles según la tecnología de fabricación

Elementos: Generador Solar: Conjunto de paneles fotovoltaicos que captan energía luminosa y la transforman en corriente continua a baja tensión. Acumulador (baterías): Almacena la energía producida por el generador. Una vez almacenada existen dos opciones: primer.-Sacar una línea de este para la instalación (utilizar lámpara y elementos de consumo eléctrico). Segundo.- Transformar a través de un inversor la corriente continua en corriente alterna.

Regulador de carga: Su función es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, puesto que los daños podrían ser irreversibles. Debe asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficacia. Inversor (opcional): Se encarga de transformar la corriente continua producida por el campo fotovoltaico en corriente alterna, la cual alimentará directamente a los usuarios.

Un sistema fotovoltaico no tiene porque constar siempre de estos elementos, pudiendo prescindir de uno o más de éstos, teniendo en cuenta el tipo y tamaño de las cargas a alimentar, además de la naturaleza de los recursos energéticos en el lugar de instalación. Pueden diseñarse para alimentar cargas DC o AC. Los sistemas DC consisten en el arreglo de módulos, diodos by-pass y de bloqueo, regulador de carga, banco de baterías y carga. Los sistemas para AC incluyen adicionalmente un inversor DC-AC que permiten alimentarlos fácilmente a partir de las baterías. La principal recomendación es un buen uso racional de la energía.

Tipos de sistemas fotovoltaicos.- Sistemas autónomos o Aislados: Estos sistemas tienen como misión garantizar un abastecimiento de electricidad autónomo (independiente de la red eléctrica pública) de consumidores o viviendas aisladas. Estas instalaciones no tienen ninguna limitación técnica en cuanto a la potencia eléctrica que puede producir; solamente motivos de economía y rentabilidad establecen una acotación al número de módulos y acumuladores a instalar.

Los sistemas autónomos son el mercado que estimuló la producción industrial de módulos Fotovoltaicos y dio credibilidad a la energía, al demostrar que con respecto a su costo, son la opción más económica en algunas aplicaciones terrestres. La energía generada a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza para cubrir pequeños consumos eléctricos en el mismo lugar donde se produce la demanda. Es el caso de aplicaciones como la electrificación de: viviendas alejadas de la red eléctrica convencional, básicamente electrificación rural.

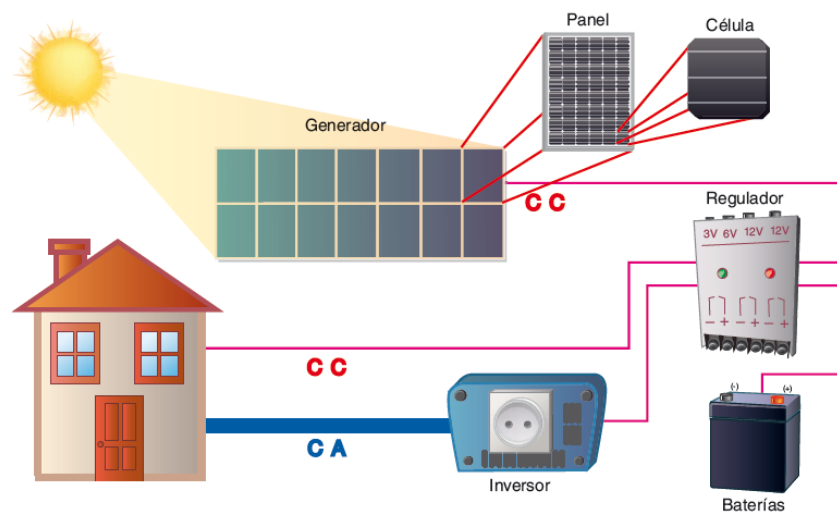


Fig. 2.20. Diagrama autónomo.

Sistemas conectados a red: Esta aplicación tiene la finalidad de conectar a la red una instalación fotovoltaica y vender toda la energía producida la compañía eléctrica, convirtiendo así una instalación en una pequeña central productora doméstica. En las instalaciones conectadas a red, la energía eléctrica generada por los módulos es transformada en corriente alterna mediante un equipo llamado inversor y es vertida a la red eléctrica de distribución en el punto de conexión (normalmente la acometida existente).

Razones por las que es interesante este tipo de sistemas: Elevada calidad energética. Es una energía limpia y renovable. Una de las soluciones para los problemas del cambio climático, ya que contribuimos eficazmente a la reducción de emisiones de CO₂. En cuanto a las instalaciones conectadas a la red se pueden encontrar dos casos: centrales fotovoltaicas, (en las que la energía eléctrica generada se entrega directamente a la red eléctrica.

Como en otra central convencional de generación eléctrica) y sistemas fotovoltaicos en edificios o industrias, conectados a la red eléctrica, en los que una parte de la energía generada se invierte en el mismo autoconsumo del edificio, mientras que la energía excedente se entrega a la red eléctrica. También es posible entregar toda la energía a la red; el usuario recibirá entonces la energía eléctrica de la red, de la misma manera que cualquier otro al suministro [6].

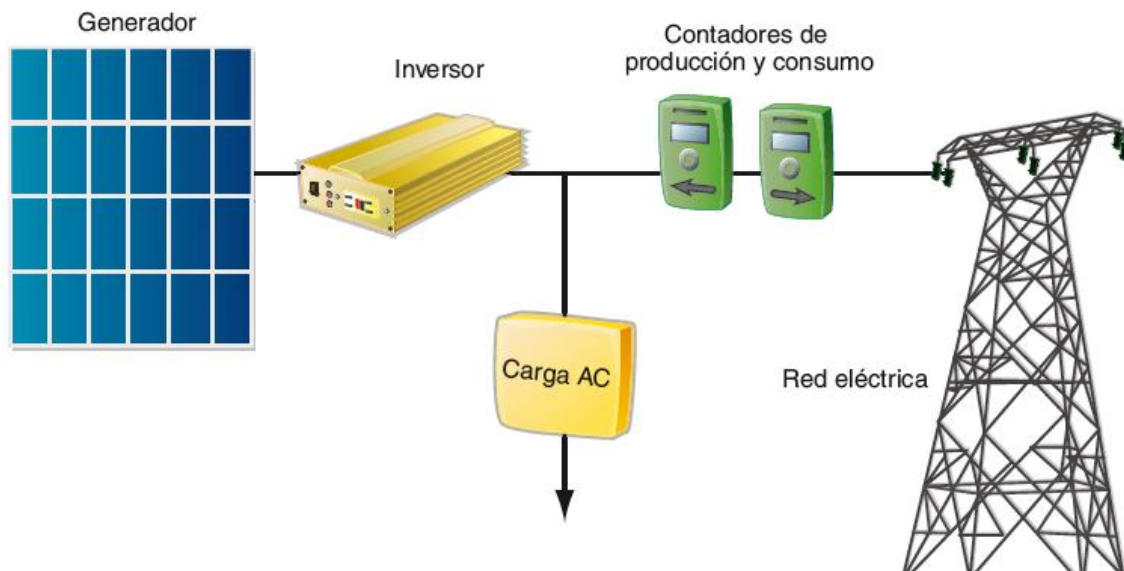


Fig. 2.21. Diagrama conectado a red.

3. Desarrollo

3.1 Levantamiento físico del alumbrado de las oficinas técnicas y administrativas.

Se realizó levantamiento físico del alumbrado actual de las oficinas técnicas y administrativas identificando cada uno de los componentes de las luminarias y el número de lámparas que hay actualmente para realizar cálculos.

Tipo de Sistema de iluminación.-Estos se clasifican según la distribución del flujo luminoso, por encima o por debajo de la horizontal; es decir, teniendo en cuenta la cantidad del flujo luminoso proyectado directamente a la superficie iluminada y la que llega a la superficie después de reflejarse por techo y paredes.

Esto implica que si la mayor cantidad del flujo luminoso se envía hacia abajo se produce una iluminación directa; por lo contrario, si la mayor parte del flujo luminoso se envía hacia el techo para que llegue a la superficie iluminada después de proyectarse en el mismo y en las paredes, se tiene una iluminación indirecta.

Los demás sistemas que se pueden tener son formas intermedias en las cuales la luz emitida (flujo luminoso) se radia tanto hacia arriba como hacia abajo. A continuación se presentan estos sistemas de iluminación indicándose en todos ellos su distribución de flujo luminoso. De estos sistemas, el que se aplica al proyecto en cuestión es el sistema de iluminación directa [2].

Sistema de iluminación	Distribución del flujo luminoso en por ciento (%)	
	↑ Hacia arriba	↓ Hacia abajo
Iluminación directa	0-10	100-90
Iluminación semidirecta	10-40	90-60
Iluminación difusa	40-60	60-40
Iluminación semindirecta	60-90	40-10
Iluminación indirecta	90-100	10-0

Tabla 3.1 Sistemas de iluminación.

Características de las luminarias de las oficinas técnicas.- Al realizar un censo de las lámparas existentes en cada área, en las oficinas técnicas a fin de determinar las condiciones actuales del sistema de iluminación. El sistema general de iluminación que está operando consiste en 103 lámparas de empotrar para plafón tipo fluorescentes con 2 tubos fluorescentes de 32, 39,75 y 60 watts cada una, con balastro electrónico de alto factor de potencia y difusor tipo rejilla.



Fig.3.1 Lámpara fluorescente de 2 tubos de 32 watts, con difusor tipo rejilla y reflector convencional.

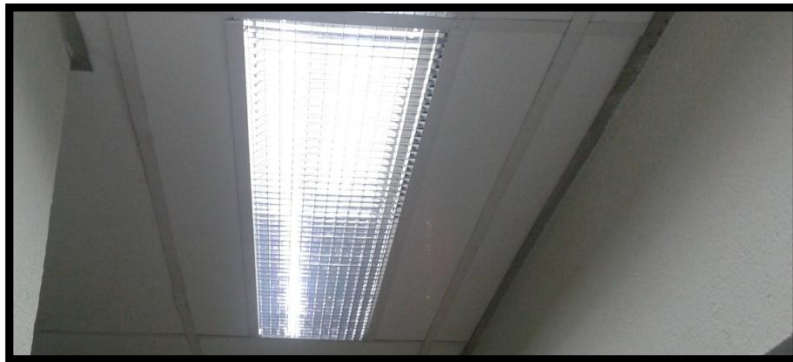


Fig.3.2 Lámpara fluorescente de 2 tubos de 39 watts, con difusor tipo rejilla y reflector convencional.

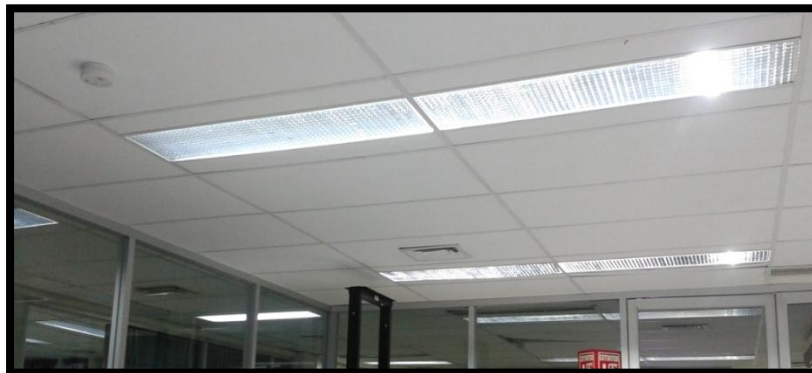


Fig.3.3 Lámpara fluorescente de 2 tubos de 75 watts, con difusor tipo rejilla y reflector convencional.



Fig.3.4 Lámpara fluorescente de 2 tubos de 60 watts, con difusor tipo rejilla y reflector convencional.

Características del tipo de balastro.- En las oficinas técnicas se cuentan con balastros electromagnéticos de bajo factor de potencia a 127 V.



Fig. 3.5 Balastro electromagnético de bajo factor de potencia.

Características del tipo De Difusor.- Las luminarias con las que cuenta las oficinas técnicas tienen difusor tipo rejilla difusora empotrada y en algunas acrílico difusor. Características.- Por los detalles de su construcción pueden ensamblarse y construirse cualquier medida de rejilla difusora. Es desmontable. Está hecho de Metacrilato cristal inyectado.



Fig. 3.6. Rejilla difusora empotrada

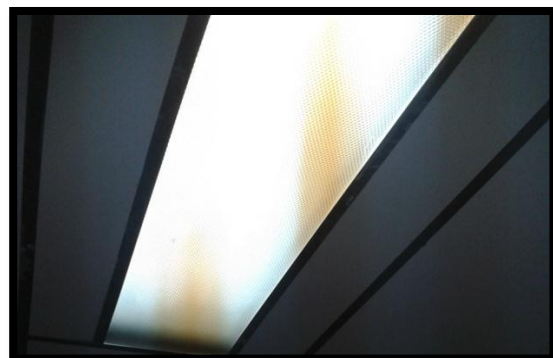


Fig. 3.7. Acrílico difusor empotrado

Características de las luminarias de las oficinas Administrativas.-Al realizar el levantamiento físico en las oficinas administrativas a fin de determinar las condiciones actuales del sistema de iluminación. El sistema general de iluminación que está operando consiste en 254 lámparas de empotrar para plafón y sobreponer con 2 tubos fluorescentes de 32 y 13 watts cada una, con balastro electromagnético.



Fig.3.8 Lámpara fluorescente Curvalume de 2 tubos de 32 watts.

Características del tipo de balastro.- En las oficinas administrativas se cuentan con balastos electrónicos de bajo factor de potencia a 127 V.



Fig. 3.9 Balastro electromagnético de bajo factor de potencia.

Características del tipo De Difusor.- Las luminarias con las que cuenta las oficinas Administrativas tienen rejilla difusora empotrar (la mayoría de ellas) y en algunas de acrílico difusor.



Fig. 3.10 Difusor tipo rejilla.

3.2 Cálculo De Carga Instalada En Alumbrado De Las Oficinas

AREA	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA EN W.	NO. DE LUMINARIA	NO. DE LAMPARAS	POTENCIA TOTAL W	FUNCION X HRS.	DEMAN. X DIA	DEMAN. X MES
DEPTO. PROTECCIONES	GAB. X2 EMPOTRAR	39	3	6	234	12	2808	84240
DEPTO. ELECTRICO	GAB. X2 EMPOTRAR	39	2	4	156	12	1872	56160
	GAB. X2 EMPOTRAR	32	1	2	64	12	768	23040
DEPTO. PRODUCCION	GAB. X2 EMPOTRAR	39	3	6	234	12	2808	84240
DEPTO. CIVIL	GAB. X2 EMPOTRAR	39	4	8	312	12	3744	112320
DEPTO. MECANICO	GAB. X2 EMPOTRAR	39	6	12	468	12	5616	168480
DEPTO DE CONTROL	GAB. X2 EMPOTRAR	39	3	6	234	12	2808	84240
SALA DE CONTROL EXT.	GAB. X2 EMPOTRAR	75	5	10	750	12	9000	270000
	GAB. X2 EMPOTRAR	60	1	2	120	12	1440	43200
ACCESO PRINCIPAL Y VESTUBULO	GAB. X2 EMPOTRAR	39	4	8	312	12	3744	112320
	GAB. X2 EMPOTRAR	32	2	4	128	12	1536	46080
	GAB. X2 EMPOTRAR	75	3	6	450	12	5400	162000
BAÑO CIVIL	GAB. X2 EMPOTRAR	39	1	2	78	8	624	18720
BAÑO PRODUCCION	GAB. X2 EMPOTRAR	39	1	2	78	8	624	18720
BAÑO GENERAL M	GAB. X2 EMPOTRAR	39	2	4	156	8	1248	37440
BAÑO GENERAL H	GAB. X2 EMPOTRAR	39	1	2	78	8	624	18720
	GAB. X2 EMPOTRAR	32	1	2	64	8	512	15360
ASEO	GAB. X2 EMPOTRAR	39	1	2	78	8	624	18720
SALA DE UPS	GAB. X2 EMPOTRAR	75	1	2	150	12	1800	54000
SALA COMUNICACIONES	x	0	0	0	0	0	0	0
CONTORNO	GAB. X2 EMPOTRAR	75	3	6	450	12	5400	162000
	GAB. X1 SOBREPONER PARED	175	7	7	1225	12	14700	441000
TOTAL			55	103	5819		67700	2031000
TOTAL EN KW							67.7	2031

Tabla 3.2 Demanda energética de las oficinas Técnicas

AREA	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA EN W.	NO. DE LUMINARIA	NO. DE LAMPARAS	POTENCIA TOTAL W	FUNCION X HRS.	DEMANDA X DIA	DEMANDA X MES
TESORERIA	GAB. X2 EMPOTRAR	32	4	8	256	12	3072	92160
ARCHIVO TESORERIA	GAB. X2 EMPOTRAR	13	2	4	52	2	104	3120
PERSONAL	GAB. X2 EMPOTRAR	32	4	8	256	12	3072	92160
ARCHIVO PERSONAL	GAB. X2 EMPOTRAR	13	3	6	78	2	156	4680
BAÑO PERSONAL	GAB. X2 EMPOTRAR	13	2	4	52	8	416	12480
ADMINISTRACION	GAB. X2 EMPOTRAR	32	6	12	384	12	4608	138240
BAÑO ADMINISTRA.	GAB. X2 EMPOTRAR	13	2	4	52	8	416	12480
ARCHIVO ADMINIS.	GAB. X2 EMPOTRAR	13	2	4	52	2	104	3120
ARCHIVO ADMINIS. 2	GAB. X2 EMPOTRAR	13	2	4	52	2	104	3120
VESTIBULO	GAB. X2 EMPOTRAR	32	10	20	640	12	7680	230400
ACCESO PRICIPAL	GAB. X2 EMPOTRAR	32	8	16	512	12	6144	184320
NOMINAS	GAB. X2 EMPOTRAR	32	1	2	64	8	512	15360
CONTABILIDAD	GAB. X2 EMPOTRAR	32	1	2	64	8	512	15360
SEGURIDAD SOCIAL	GAB. X2 EMPOTRAR	32	1	2	64	8	512	15360
INFORMATICA	GAB. X2 EMPOTRAR	32	8	16	512	12	6144	184320
SUPERINTENDENTE	GAB. X2 EMPOTRAR	32	6	12	384	12	4608	138240
BAÑO SUPERINTE.	GAB. X2 EMPOTRAR	13	2	4	52	8	416	12480
VESTIBULO 2	GAB. X2 EMPOTRAR	32	4	8	256	12	3072	92160
COCINETA	GAB. X3 EMPOTRAR	13	2	6	78	8	624	18720
SALA DE JUNTAS	GAB. X2 EMPOTRAR	32	8	16	512	8	4096	122880
BAÑO PARA JUNT.	GAB. X2 EMPOTRAR	13	2	4	52	8	416	12480
BAÑO GENERAL H	GAB. X2 EMPOTRAR	13	4	8	104	8	832	24960
BAÑO GENERAL M	GAB. X2 EMPOTRAR	13	4	8	104	8	832	24960
PASILLO/DUCTO	GAB. X2 EMPOTRAR	13	3	6	78	8	624	18720
COMPRAS	GAB. X2 EMPOTRAR	32	6	12	384	12	4608	138240
ARCHIVO COMPRAS	GAB. X2 EMPOTRAR	13	2	4	52	2	104	3120
ARCH. SEGURIDAD	GAB. X2 EMPOTRAR	32	2	4	128	2	256	7680
CONTORNO	GAB. X2 SOBREPONER PARED	13	23	46	598	12	7176	215280
VACIO	GAB. X2 SOBREPONER PARED	13	2	4	52	8	416	12480
TOTAL			126	254	5,924		61636	1849080
TOTAL EN KW							61.636	1849.08

Tabla 3.3 Demanda energética de las oficinas Administrativas

3.3 Medición Del Nivel De Iluminación De Las Oficinas

Se realizó la medición de iluminación con un luxómetro para realizar dicha actividad. Un luxómetro es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es lux (lx). Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes.



Fig. 3.11 Luxómetro analógico utilizado.

Datos del luxómetro utilizado para las mediciones: Tipo de Luxómetro: Analógico. Marca: KYORITSU. Modelo: 5200. Escala: 0-5000 lx y de 0-1000 lx. Dependiendo de cuáles de las dos células fotosensibles se use es la escala a considerar para realizar las mediciones. Este caso se utilizó la escala 0-5000 lx. Nota: De acuerdo con el manual de alumbrado de la Whestinghouse el nivel de iluminación mínimo recomendado para el área de oficinas es de 700 Luxes [2].

Área	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	Medición 6	Medición (promedio)
Depto. Protecciones	300 lux	300 lux	300 lux	200 lux	200 lux	X	260 lux
Depto. Eléctrico	400 lux	400 lux	300 lux	300 lux	500 Lux	X	380 lux
Depto. Producción	200 lux	200 lux	150 lux	150 lux	300 lux	X	200 lux
Depto. Civil	250 lux	250 lux	250 lux	250 lux	200 lux	200 lux	234 lux
Depto. Mecánico	400 lux	400 lux	400 lux	400 lux	300 lux	300 lux	366 lux
Depto. de control	300 lux	300 lux	250 lux	250 lux	250 lux	X	270 lux
Sala de control ext.	500 lux	500 lux	300 lux	300 lux	300 lux	200 lux	350 lux
Acceso principal	250 lux	250 lux	400 lux	350 lux	350 lux	X	320 lux
Secretaria 1 (vestíbulo)	250 lux	250 lux	200 lux	200 lux	X	X	225 lux
Secretaria 2 (vestíbulo)	250 lux	250 lux	250 lux	200 lux	X	X	238 lux
Secretaria 3 (vestíbulo)	250 lux	250 lux	250 lux	200 lux	X	X	238 lux
Baño general m	400 lux	350 lux	400 lux	350 lux	X	X	375 lux
Baño general h	400 lux	400 lux	400 lux	350 lux	X	X	388 lux
Baño civil	250 lux	200 Lux	200 Lux				200 Lux
Baño producción	200 lux	200 Lux	200 Lux				200 Lux
Aseo	200 lux	200 Lux	200 Lux				200 Lux

Tabla 3.4 Medición De Iluminación De Las Oficinas Técnicas

Área	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	Medición 6	Medición (promedio)
Tesorería	700 lux	700 lux	700 lux	650 lux	650 lux	X	680 lux
Personal	700 lux	700 lux	700 lux	700 lux	650 lux	X	690 lux
Administración	650 lux	650 lux	700 lux	700 lux	700 lux	X	680 lux
Superintendente	650 lux	650 lux	700 lux	700 lux	700 lux	700 lux	685 lux
Sala de juntas	650 lux	650 lux	650 lux	700 lux	700 lux	700 lux	680 lux
Secretaria 1 (v1)	700 lux	700 lux	700 lux	700 lux	700 lux	X	680 lux
Secretaria 2 (v1)	650 lux	750 lux	700 lux	700 lux	700 lux	X	700 lux
Secretaria 3 (v1)	750 lux	700 lux	700 lux	750 lux	700 lux	X	720 lux
Acceso principal (pasillo)	500 lux	500 lux	500 lux	450 lux	450 lux	X	480 lux
Secretaría superintendente	700 lux	750 lux	650 lux	700 lux	700 lux	X	700 lux
Vestíbulo 2	700 lux	650 lux	600 lux	650 lux	700 lux	700 lux	675 lux
Compras	850 lux	800 lux	700 lux	700 lux	650 lux	650 lux	725 lux
Informática 1	650 lux	650 lux	700 lux	700 lux	700 lux	700 lux	683 lux
Informática 2	600 lux	600 lux	650 lux	700 lux	700 lux	X	650 lux
Nominas	250 lux	300 lux	250 lux	X	X	X	267 lux
Contabilidad	250 lux	250 lux	300 lux	X	X	X	267 lux
Seguridad social	300 lux	250 lux	250 lux	X	X	X	267 lux
Baños/todos	100 lux	100 lux	150 lux	X	X	X	117 lux
Archivos/todos	150 lux	150 lux	100 lux	X	X	X	125 lux

Tabla 3.5 Medición De Iluminación De Las Oficinas Administrativas.

3.4 Análisis De la Iluminación Del Sistema Actual

Oficinas técnicas: Las lámparas fluorescentes actuales muestran una deficiencia energética en varios aspectos: a) El número de tubos fluorescentes que contienen cada gabinete es de 2, pero no todas las luminarias son de las mismas carga, es decir no hay una iluminación homogénea, esto provoca que a la hora del mantenimiento de las mismas, se tenga que comprar diferentes lámparas.

b) La distribución de las luminarias en cada área de las oficinas no es la correcta ya que hay partes más iluminadas que otras, por lo cual no es la correcta para la persona que se encuentra en el departamento. c) La mayor parte de las luminarias son lámparas fluorescentes de 39 w las cuales ya son obsoletas ya que existe una más eficiente, por ejemplo la T8 32w. d) En algunas luminarias tienen, los acrílicos difusor con apariencia amarillenta del acrílico afectando la distribución fotométrica.

Sustitución del sistema actual de iluminación por un sistema eficiente: Dada las condiciones del sistema de iluminación, el proyecto consiste en combinar estrategias para mejorar la eficiencia energética del sistema de iluminación. Para ello se considera la sustitución del sistema actual de iluminación, por un nuevo sistema más eficiente, en el cual se combinen una mejor distribución fotométrica, utilización de lámparas tipo LED de menor consumo y homogenizar todas las luminarias.

Oficinas administrativas: Las lámparas fluorescentes actuales muestran una eficiencia energética como son: a) El número de tubos fluorescentes que contienen cada gabinete de empotrar es de 2, en caso contrario de las otras oficinas, aquí si hay una iluminación homogénea todas son de 32W, en todos los departamentos. En los baños, pasillos y contorno del edificio son luminarias de con 2 lámparas fluorescentes compactas de 13 watts por lo que en estas áreas no es necesario tener una iluminación muy exigente.

b) El nivel de iluminación de las oficinas, que en caso contrario de las oficinas técnicas, es mejor ya que el nivel medido está por el nivel que se recomienda pero no en todas las zonas. c) En algunas luminarias tienen, los acrílicos difusor de cada lámpara y apariencia amarillenta del acrílico afectando la distribución, por lo tanto al hacer las mediciones de iluminación, en algunas áreas estaban por debajo de los luxes recomendados debido a que algunos difusores estaban en estado amarillento.

Sustitución del sistema actual de iluminación: Dada las condiciones del sistema de iluminación el cual está en , condiciones medias las estrategias para mejorar la eficiencia energética; será la de sustituir las luminarias por LED para mejorar la distribución fotométrica, ya que de acuerdo a las mediciones que se realizaron, el nivel de iluminación está casi en óptimas condiciones, pero hay muchas partes que faltan iluminación, que es a causa de no tener la distribución correcta de las luminarias.

3.5 Método De Los Lúmenes

Para calcular el número de luminarias por área a iluminar se utilizara el método llamado: *Cálculo según el método de los lúmenes*, el cual es un método de cálculo de iluminación de interiores. Este método es utilizado para estimar el número de unidades de alumbrado, que producirán una iluminación determinada promedio en todos los puntos del área considerada en un salón o local; por lo que su aplicación se limita al cálculo de alumbrado de interiores.

Cada uno de los factores que intervienen es este método deben ser valorados adecuadamente para la obtención de resultados más exactos. Para utilizar este método en la resolución del diseño de alumbrado, deben tener en cuenta los siguientes puntos fundamentales: Dimensión del local, Reflectancias, Nivel de iluminación (luxes), Datos de la luminaria elegida [4].

Cálculo Índice Del Local (K).- Como primer punto El índice del local (k) se averigua a partir de la geometría de este. Utilizando los datos de las dimensiones del local y con sistema de iluminación directa, semidirecto, directa-indirecta y general difusa [4]. La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$k = \frac{a \times l}{hm (a + l)} \quad (3.1)$$

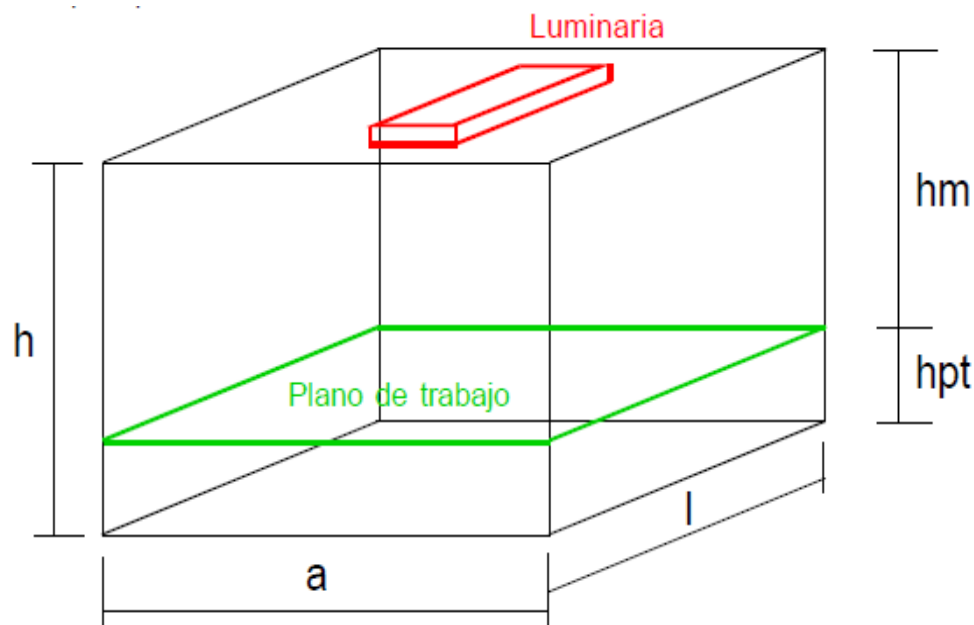


Fig. 3.13. Plano de trabajo.

En donde: k= índice del local, a= ancho (en metros), l= largo (en metros), hm= Altura de montaje de la luminaria sobre el plano de trabajo, h= altura total, hpt= altura del plano del trabajo. Para tener una mejor explicación en la figura 3.13 se puede localizar cada una de las variables dentro del plano del trabajo.

Cálculo Coeficiente De Utilización (cu).- El Coeficiente de Utilización del local es el término que define el comportamiento que tendrá una luminaria en un local dado y su valor estará íntimamente relacionado con el *Índice del Local*. También dependerá en gran medida del color y la textura de las paredes, sobre todo en locales pequeños.

Los fabricantes de luminarias proporcionan para cada modelo unas tablas, que son las denominadas tablas del factor de utilización. Este coeficiente será tanto más grande cuanto mayores sean los coeficientes de reflexión, mayores la altura y longitud y menor la altura del plano de trabajo.

Reflectancia de piso [%] = 20												
Reflectancia techo	80				70				50			
Reflectancia paredes [%]	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10
Índice de local	Coeficientes de Utilización											
1	0.90	0.86	0.83	0.80	0.88	0.85	0.81	0.78	0.81	0.78	0.75	0.77
2	0.82	0.75	0.69	0.64	0.80	0.73	0.68	0.64	0.70	0.66	0.62	0.67
3	0.74	0.66	0.57	0.52	0.72	0.64	0.58	0.52	0.61	0.56	0.52	0.59
4	0.68	0.58	0.50	0.45	0.66	0.56	0.50	0.44	0.54	0.48	0.43	0.52
5	0.62	0.50	0.42	0.37	0.59	0.49	0.42	0.37	0.48	0.41	0.36	0.46
6	0.57	0.44	0.38	0.32	0.55	0.44	0.37	0.31	0.42	0.36	0.31	0.41
7	0.52	0.40	0.33	0.27	0.50	0.39	0.32	0.27	0.38	0.31	0.26	0.36
8	0.48	0.36	0.28	0.23	0.46	0.35	0.28	0.23	0.34	0.28	0.23	0.33
9	0.44	0.32	0.25	0.20	0.42	0.31	0.25	0.20	0.30	0.24	0.20	0.29

Tabla 3.6 Coeficientes de Utilización.

Se utilizara esta tabla para los cálculos de los coeficientes de utilización el cual está de hecho por el laboratorio de luminotecnia, que entregará una tabla de Coeficientes de Utilización del modelo ensayado. Esa tabla está construida a partir de la Curva de Distribución Luminosa y por consiguiente del Rendimiento de la luminaria.

A igualdad de flujo luminoso instalado e igual superficie del local, una luminaria de alto rendimiento tendrá un coeficiente de utilización mayor (más cercano a 1) que una de bajo rendimiento. En esta tabla se encontrará, el factor de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local, de esta manera se determinara el (cu) [5].

Cálculo de Reflectancias.- La reflexión de una superficie es una medida de la cantidad de luz que se refleja de la superficie La reflexión de la luz depende el tipo de material o superficie en el que incide, por tanto, no es lo mismo que los acabados del local sean de un material u otro en cuanto a la luz se refiere. Los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado (véase **Tabla 3.7**).

Color	Reflectancia (%)	Materiales	Reflectancia (%)
Blanco	70-75	Revoque Claro	35-55
Crema Claro	70-80	Revoque Oscuro	20-30
Amarillo Claro	50-70	Hormigón Claro	30-50
Verde Claro	45-70	Hormigón Oscuro	15-25
Gris Claro	45-70	Ladrillo Claro	30-40
Celeste Claro	50-70	Ladrillo Oscuro	15-25
Rosa Claro	45-70	Mármol Blanco	60-70
Marrón Claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera Clara	30-50
Gris Oscuro	10-20	Madera Oscura	10-25
Amarillo Oscuro	40-50	Vidrio Plateado	80-90
Verde Oscuro	10-20	Aluminio Mate	55-60
Azul Oscuro	10-20	Aluminio Pulido	80-90
Rojo Oscuro	10-20	Acero Pulido	55-65

Tabla 3.7 Reflectancias De Materiales Y Colores

Para efectos de cálculo se considera: Reflectancias de **70%** para techo, **50%** para paredes y **20%** para suelo, ya que por la variación de colores en las oficinas, las cuales están por esos valores de reflectancias se estandarizará esos valores para facilitar el cálculo de todas las áreas de las oficinas.

Cálculo del factor de mantenimiento (cm).- Este coeficiente hace referencia a la influencia que tiene en el flujo que emiten las lámparas el grado de limpieza de la luminaria. Dependerá, por consiguiente, del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Todos los elementos que contribuyen a la obtención del nivel de iluminación deseado sobre el plano de trabajo, sufren con el tiempo un cierto grado de depreciación para determinarlo, suponiendo una limpieza periódica anual o por la calidad del mantenimiento se pueden tomar los siguientes valores:

Ambiente de trabajo	Calidad de mantenimiento	Factor de mantenimiento (%)
Limpio	Bueno	.80
Medio	Regular	.70
Sucio	Malo	.60

Tabla 3.8 Cálculo Del Coeficiente De Mantenimiento.

En las oficinas técnicas y administrativas se considera un ambiente limpio, ya que en ellas solo se realizan procesos administrativo, en donde las personas que laboran ahí solo hacen el uso de las computadoras, por lo que se tomara el valor para el factor de mantenimiento de: **cm =0.8** con el cual se empleara en los cálculos.

Cálculo Del flujo luminoso total.- Con todos los datos que se tengan, ya se puede calcular el flujo luminoso total necesario por medio de la siguiente fórmula: Definición del flujo luminoso que un determinado local o zona necesita [4].

$$\Phi t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} \quad (3.2)$$

En donde:

Φt = flujo luminoso que se necesita

Em= nivel de iluminación medio (en LUX)

S= superficie a iluminar (en m²) = (a * l)

Cu= coeficiente de utilización

Cm= coeficiente de mantenimiento

Cálculo del número de luminarias: Definición del número de luminarias.

$$Nl = \frac{\Phi t}{n \cdot \Phi L} \quad (3.3)$$

En donde:

Nl= número de luminarias

Φt = flujo luminoso que se necesita

n= número de lámparas que tiene la luminaria

ΦL = flujo luminoso de la luminaria

Comprobación del nivel de iluminancia media:

$$Em = \frac{nl \cdot n \cdot \Phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq E \text{ (tablas)} \quad (3.4)$$

3.6 Modelo de luminarias tipo LED

LUMINARIA: Needleds



Especificaciones:

Marca: MAGG

Cuerpo: lamina de acero cal. 24 acabado con pintura poliéster de aplicación de electrostática.

Color: blanco brillante.

Louver: aluminio anodizado mate.

Montaje: empotrado en plafón.

Conexión: directa a un voltaje 85-265 VAC. 3 Tubos led light de 9W de 4000-4200 °K, 2943 lm, que tiene una duración de 60,000 horas.

Aplicaciones: oficinas, pasillos, escuelas, hospitales.

Clave: LGTLV-27

Dimensiones: la=60 cm, An= 60 cm, Al= 6 cm.

Precio: \$2,273.92

LUMINARIA: Louled



Especificaciones:

Marca: Tecnolite

Cuerpo: lamina de acero cal. 24 acabado con pintura poliéster de aplicación de electrostática.

Color: blanco brillante o mate.

Rejilla: louver de aluminio anodizado mate o acabado espejo.

División: malla multiperforada o lamina lisa.

Montaje: empotrado en plafón.

Equipo: led driver 30W multivoltaje, 3 tabletas de 10W c/u con 3000 lúmenes, 6500 °K, 50000 horas de vida.

Aplicaciones: oficinas, sala de esperas, hospitales.

Clave: LGTLN-30

Dimensiones: la=60.5 cm, An= 60.5 cm, Al= 6 cm.

Precio: \$3,362.06

LUMINARIA: Nova

**Especificaciones:**

Marca: CITEC

Cuerpo: lamina de acero cal. 24 acabado con pintura poliéster de aplicación de electrostática.

Color: blanco.

Difusor: acrílico sanblastado.

Montaje: empotrado en plafón.

Equipo: led driver multivoltaje, 4 módulos de 8W, 800 por modulo, 6500 °K, con un ángulo de apertura de 120° y 50000 horas de vida.

Aplicaciones: oficinas, escuelas, hospitales.

Clave: LGNL-32

Dimensiones: la=61 cm, An= 61 cm, Al= 6 cm.

Precio: \$3,985.00

LUMINARIA: Orion



Especificaciones:

Marca: Tec nolite

Cuerpo: lamina de acero cal. 24 acabado con pintura poliéster de aplicación de electrostática.

Color: blanco.

Reflector: lamina de acero o aluminio brillante.

Montaje: empotrado en plafón.

Equipo: led driver multivoltaje, 2 tabletas de 15 led, cada led de 1W y emite 1000 lm, 6500 °K, con un ángulo de apertura de 120° y 50000 horas de vida, factor de potencia de 0.95

Aplicaciones: oficinas.

Clave: lamina-LGORL-30, Aluminio-LGORA-30

Dimensiones: la=60 cm, An= 60 cm, Al= 6 cm.

Precio: \$2,305.00

Lámpara led ToLEDo VELA



Especificaciones

Marca: HAVELLS

Bulbo: vela

Potencia: 6W

Tensión: 120V

Flujo luminoso: 470 lm

K= 2700

IRC: >80

Base: E26

Vida útil: 25 000

Dimisiones: 103mm x 37mm

Precio: \$135.34

Ventajas económicas de la tecnología LED:

Son las que surgen como consecuencia de las ventajas ambientales:

- Menor consumo que las lámparas tradicionales (fluorescente, incandescentes, halógenas, bajo consumo). Con reducciones que van desde el 65% para los fluorescentes, hasta más del 80% para halógenas e incandescentes y el 50% en las de bajo consumo.
- Amortizaciones bastante rápidas menos de 3 años de la inversión por el ahorro obtenido en la iluminación.
- Elevada durabilidad desde las 15.000h hasta las 50.000 horas, dependiendo de la calidad del LED.
- Mantenimiento del Flujo Luminoso sobre el 70% original durante su vida útil
- Reducción del coste de reposición y en consecuencia de mantenimiento, nos ahorramos la nueva lámpara y la mano de obra de sustituirla.
- Encendido inmediato, desaparecen las pérdidas de tiempo esperando a que la lámpara alcance la temperatura adecuada, o se encienda correctamente.

Por lo tanto la luminaria con la que se realizara los caculos de iluminación y de la demanda eléctrica es la siguiente:



Fig. 3.16. Luminaria propuesta marca MAGG de 27 watts de 3 tubos leds de 9w c/u .

3.7 Cálculos Del Número De Luminarias En Las Oficinas

Oficinas Técnicas.-

Área: Departamento eléctrico, protecciones y de producción. Ya que estos tres departamentos son de las mismas dimensiones.

Datos: a= 4.33 m, l= 5 m, h = 2.58, hpt = .75 m, hm= 1.83 m (hm = H – Hpt).
Cálculo del índice del local (k): Aplicar ecuación 3.1 y sustituir los valores:

$$k = \frac{a \times l}{hm (a + l)} = \frac{4.33 \times 5}{1.83(4.33 + 5)} = 1.26$$

-Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscara en la Tabla 3.17 y como se mencionó anteriormente los valores de reflectancias para techo es de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%.

Reflectancia de piso [%] = 20												
Reflectancia techo	80				70				50			
Reflectancia paredes [%]	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10
Índice de local	Coeficientes de Utilización											
1	0.90	0.86	0.83	0.80	0.88	0.85	0.81	0.78	0.81	0.78	0.75	0.77
2	0.82	0.75	0.69	0.64	0.80	0.73	0.68	0.64	0.70	0.66	0.62	0.67
3	0.74	0.66	0.57	0.52	0.72	0.64	0.58	0.52	0.61	0.56	0.52	0.59
4	0.68	0.58	0.50	0.45	0.66	0.56	0.50	0.44	0.54	0.48	0.43	0.52

Fig. 3.17. Valores seleccionados de reflectancias.

Por lo tanto el valor de cu está dado por el cálculo del índice local entre los valores de .85 y .73 respectivamente y el factor de mantenimiento es de cm= .80 de acuerdo a la tabla 3.8 ya que las oficinas son un ambiente de trabajo limpio se considerara este valor.

Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (21.65)}{(.73)(.80)} = 25950.34 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{23979.43}{3 \times 2943} = 2.94 \approx 3 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$Em = \frac{nl \cdot n \cdot \phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$Em = \frac{3 \cdot 3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{21.65} = 714 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Departamento Civil y departamento Mecánico.

Datos del local: a= 4.90 m, l= 5 m, h = 2.58, hpt = .75 m, hm= 1.83 (hm = h – hpt),
Cálculo del índice del local (k): Aplicar la ecuación 3.1 sustitución de valores:

$$k = \frac{a \times l}{hm (a + l)} = \frac{4.90 \times 5}{1.83(4.90 + 5)} = 1.35$$

-Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. cu= .73 y cm= .80 de acuerdo a la tabla (véase la **Tabla 3.8**). Calculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (24.50)}{(.73)(.80)} = 29366.44 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi L} = \frac{29366.44}{3 \times 2943} = 3.33 \approx 4 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$Em = \frac{nl \cdot n \cdot \phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$Em = \frac{4 \cdot 3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{24.50} = 841 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Departamento de Control e Instrumentación.

Datos del local: A= 3.90 m, L= 5.90 m, H = 2.58, Hpt = .75 m, Hm= 1.83 (hm = H – Hpt). Cálculo del índice del local (k): Aplicar la ecuación 3.1 sustitución de valores:

$$k = \frac{a \times l}{hm (a + l)} = \frac{3.90 \times 5.90}{1.83(4.90 + 5.90)} = 1.28$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. $cu = .73$ y $cm = .80$ de acuerdo a la tabla (véase la **Tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (23.01)}{(.73)(.80)} = 27580.48 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{27580.48}{3 \times 2943} = 3.12 \approx 4 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$Em = \frac{nl \cdot n \cdot \phi_L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$Em = \frac{4 \cdot 3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{23.01} = 896.3 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Sala de Control Exterior.

Datos del local: $a = 7.60 \text{ m}$, $l = 8.0 \text{ m}$, $h = 2.28$, $hpt = .75 \text{ m}$, $hm = 1.53 \text{ m}$ ($hm = h - hpt$), Cálculo del índice del local (k): Aplicar la ecuación 3.1 sustitución de valores:

$$k = \frac{a \times l}{hm (a + l)} = \frac{7.60 \times 8.0}{1.53(7.60 + 8.0)} = 2.54$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. $cu = .64$ y $cm = .80$ de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación no. 2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (60.80)}{(.64)(.80)} = 83125.00 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{83125}{3 \times 2943} = 9.41 \approx 10 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$E_m = \frac{n_l \cdot n \cdot \phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$E_m = \frac{10 \cdot 3 \cdot 2943 \cdot (.64) \cdot (.80)}{60.80} = 743 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Zona de Secretarías.

Datos del local: a= 4.90 m, l= 6.40 m, h = 2.58 m, hpt = .75 m, hm= 1.83 m (hm = h – hpt), Cálculo del índice del local (k): Aplicar la ecuación 3.1 sustitución de valores:

$$k = \frac{a \times l}{hm(a + l)} = \frac{4.90 \times 6.40}{1.83(4.90 + 6.40)} = 1.51$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. cu= .73 y cm= .80 de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación no. 2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{E_m \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (31.36)}{(.73)(.80)} = 37589.04 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$N_l = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi L} = \frac{37589.04}{3 \times 2943} = 4.26 \approx 5 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$E_m = \frac{n_l \cdot n \cdot \phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$E_m = \frac{5 \cdot 3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{31.36} = 822.1 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Sala de Ups.

Datos del local: a= 2.65 m, l= 4.45 m, h = 2.28 m, hpt = .75 m, hm= 1.53 m (hm = h – hpt). Cálculo del índice del local (k): Aplicar la ecuación 3.1 sustitución de valores:

$$k = \frac{a \times l}{hm(a + l)} = \frac{2.65 \times 4.45}{1.53(2.65 + 4.45)} = 1.08$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. $cu = .73$ y $cm = .80$ de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (11.79)}{(.73)(.80)} = 12139.34 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{12139.34}{3 \times 2943} = 1.17 \approx 2 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$Em = \frac{nl \cdot n \cdot \phi_L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$Em = \frac{2 \cdot 3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{11.79} = 1080.2 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Centro de comunicaciones.

Datos del local: $a = 2.65$ m, $l = 3.80$ m, $h = 2.28$ m, $hpt = .75$ m, $hm = 1.53$ m ($hm = h - hpt$). Cálculo del índice del local (k): Aplicar la ecuación 3.1 sustitución de valores:

$$k = \frac{a \times l}{hm(a + l)} = \frac{2.65 \times 3.80}{1.53(2.65 + 3.80)} = 1.02$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. $cu = .73$ y $cm = .80$ de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (10.07)}{(.73)(.80)} = 10366.18 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$NI = \frac{\phi t}{n \cdot \phi L} = \frac{10366.17}{2 \times 2850} = 1.17 \approx 2 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$Em = \frac{nl \cdot n \cdot \phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$Em = \frac{2.3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{10.07} = 1192.4 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: baños de producción y civil y baños generales H y M:

Se obtuvieron el siguiente número de luminarias: Para los baños de las oficinas se tomara un valor de $Em = 500 \text{ lux}$ al realizar las ecuaciones se obtuvo lo siguiente: Baños de Producciones y Civil: $NL = 1$, Baños general Hombres y Mujeres: $NL = 2$, Pasillo: $NL = 3$.

Oficinas Administrativas.-

Área: Nóminas, Seguridad Social Y Contabilidad

Datos de los locales: $a = 2.10\text{m}$, $l = 3.0\text{m}$, $h = 2.66\text{m}$, $hpt = .75\text{m}$, $hm = 1.91\text{m}$ ($hm = h - hpt$). Aplicando las fórmulas anteriores se obtiene lo siguiente:

$$k = \frac{a \times l}{hm(a + l)} = \frac{2.10 \times 3.0}{1.91(2.10 + 3.0)} = 0.65$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. $cu = .85$ y $cm = .80$ de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (6.3)}{(.73)(.80)} = 6485.29 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$NI = \frac{\phi t}{n \cdot \phi L} = \frac{6485.29}{3 \times 2943} = 0.73 \approx 1 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$E_m = \frac{n_l \cdot n \cdot \phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$E_m = \frac{1.3 \cdot 2943 \cdot (.85) \cdot (.80)}{6.3} = 953.0 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Tesorería y Personal.

Datos de los locales: a= 3.10m, l= 4.50m, h= 2.66m, hpt = .75m, hm= 1.91m (hm = h – hpt). Aplicando las fórmulas anteriores se obtiene lo siguiente: NL= 4
Emplazamiento: N_{ancho}= 2 fila a lo ancho, N_{largo} = 2 columnas a lo largo.

$$k = \frac{a \times l}{hm(a + l)} = \frac{3.10 \times 4.50}{1.91(3.10 + 4.50)} = 0.96$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. cu= .85 y cm= .80 de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{E_m \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (13.95)}{(.85)(.80)} = 14360.29 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$N_l = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi L} = \frac{14360.29}{3 \times 2943} = 1.63 \approx 2 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$E_m = \frac{n_l \cdot n \cdot \phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$E_m = \frac{2.3 \cdot 2943 \cdot (.85) \cdot (.80)}{13.95} = 860.7 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Administración y Superintendencia.

Datos de los locales: $a= 4.50\text{m}$, $l= 4.60\text{m}$, $h= 2.66\text{m}$, $h_{pt} = .75\text{m}$, $h_m= 1.91\text{m}$ ($h_m = h - h_{pt}$). Aplicando las fórmulas anteriores se obtiene lo siguiente: $N_L= 6$, Emplazamiento: $N_{\text{ancho}}= 2$ fila a lo ancho, $N_{\text{largo}} = 3$ columnas a lo largo.

$$k = \frac{a \times l}{h_m (a + l)} = \frac{4.50 \times 4.60}{1.91(4.50 + 4.60)} = 1.19$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. $cu= .73$ y $cm= .80$ de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{E_m \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (20.70)}{(.73)(.80)} = 24811.64 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$N_l = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{24811.64}{3 \times 2943} = 2.81 \approx 4 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$E_m = \frac{n_l \cdot n \cdot \phi_L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$
$$E_m = \frac{4 \cdot 3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{20.70} = 966.2 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Sala de Juntas.

Datos del local: $a= 4.8\text{m}$, $l= 8.0\text{m}$, $h= 2.66\text{m}$, $h_{pt} = .75\text{m}$, $h_m= 1.91\text{m}$ ($h_m = h - h_{pt}$). Aplicando las fórmulas anteriores se obtiene lo siguiente:

$$k = \frac{a \times l}{h_m (a + l)} = \frac{4.80 \times 8.0}{1.91(4.80 + 8.0)} = 1.57$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. $cu = .73$ y $cm = .80$ de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (38.40)}{(.73)(.80)} = 46027.40 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{46027.40}{3 \times 2943} = 5.21 \approx 6 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$Em = \frac{nl \cdot n \cdot \phi_L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$Em = \frac{6 \cdot 3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{38.40} = 860.7 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Compras.

Datos del local: $a = 3.10\text{m}$, $l = 5.95\text{m}$, $h = 2.66\text{m}$, $hpt = .75\text{m}$, $hm = 1.91\text{m}$ ($hm = h - hpt$). Aplicando las fórmulas anteriores se obtiene lo siguiente:

$$k = \frac{a \times l}{hm (a + l)} = \frac{3.10 \times 5.95}{1.91(3.10 + 5.95)} = 1.07$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. $cu = .73$ y $cm = .80$ de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (18.44)}{(.73)(.80)} = 22108.73 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{22108.73}{3 \times 2943} = 2.50 \approx 3 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$E_m = \frac{n l \cdot n \cdot \phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$E_m = \frac{3.3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{18.44} = 838.6 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Informática.

Datos del local: a= 6.96m, l= 7.12m, h= 2.66m, hpt = .75m, hm= 1.91m (hm = h – hpt). Aplicando las fórmulas anteriores se obtiene lo siguiente:

$$k = \frac{a \times l}{hm (a + l)} = \frac{6.96 \times 7.12}{1.91(6.96 + 7.12)} = 1.84$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. cu= .73 y cm= .80 de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{E_m \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (49.55)}{(.73)(.80)} = 59398.36 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi L} = \frac{59398.36}{3 \times 2943} = 6.73 \approx 8 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$E_m = \frac{n l \cdot n \cdot \phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$E_m = \frac{8.3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{49.55} = 832.4 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Pasillo (Zona de Secretarías).

Datos del local: $a = 3.50\text{m}$, $l = 15.30\text{m}$, $h = 2.66\text{m}$, $h_{pt} = .75\text{m}$, $h_m = 1.91\text{m}$ ($h_m = h - h_{pt}$). Aplicando las fórmulas anteriores se obtiene lo siguiente:

$$k = \frac{a \times l}{h_m (a + l)} = \frac{3.50 \times 15.30}{1.91(3.50 + 15.30)} = 1.49$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. $cu = .73$ y $cm = .80$ de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{E_m \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (53.55)}{(.73)(.80)} = 64186.64 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{64186.64}{3 \times 2943} = 7.27 \approx 8 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$E_m = \frac{n_l \cdot n \cdot \phi_L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$
$$E_m = \frac{8 \cdot 3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{53.55} = 727.3 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Vestíbulo Derecho.

Datos del local: $a = 2.70\text{m}$, $l = 4.90\text{m}$, $h = 2.66\text{m}$, $h_{pt} = .75\text{m}$, $h_m = 1.91\text{m}$ ($h_m = h - h_{pt}$). Aplicando las fórmulas anteriores se obtiene lo siguiente:

$$k = \frac{a \times l}{h_m (a + l)} = \frac{2.70 \times 4.90}{1.91(2.70 + 4.90)} = 0.91$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. $cu = .85$ y $cm = .80$ de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (13.23)}{(.85)(.80)} = 13619.12 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi L} = \frac{13619.12}{3 \times 2943} = 1.54 \approx 2 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$Em = \frac{nl \cdot n \cdot \phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$Em = \frac{2 \cdot 3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{13.23} = 907.6 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Vestíbulo Izquierdo (Zona de Secretarías).

Datos del local: a= 3m, l= 5.80m, h= 2.66m, hpt = .75m, hm= 1.91m (hm = h – hpt).
Aplicando las fórmulas anteriores se obtiene lo siguiente:

$$k = \frac{a \times l}{hm (a + l)} = \frac{3 \times 5.80}{1.91(3 + 5.80)} = 1.04$$

Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscará en la tabla No.5 y los valores de reflectancias para techo son de 70%, para paredes 50% y para piso el 20%. cu= .73 y cm= .80 de acuerdo a la tabla (véase la **tabla 3.8**). Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (17.4)}{(.73)(.80)} = 20856.16 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias para el área aplicando la ecuación 3.3:

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi L} = \frac{20856.16}{3 \times 2943} = 2.36 \approx 3 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

$$Em = \frac{nl \cdot n \cdot \phi L \cdot cu \cdot cm}{S} \geq 700 \text{ lux}$$

$$Em = \frac{3 \cdot 3 \cdot 2943 \cdot (.73) \cdot (.80)}{17.54} = 889.0 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Área: Archivos y baños

Para las áreas de Archivos de las oficinas se tomara un valor de 500 lux al realizar las ecuaciones se obtuvo lo siguiente: Archivos de tesorería, de compras. De seguridad y administración interior: NL = 1

Archivos de administración exterior y de personal: NL = 1

Área: Baños, acceso principal y cocineta Para los baños de las oficinas se tomara un valor de 500 lux al realizar las ecuaciones se obtuvo lo siguiente:

Baños de sala de juntas y del superintendente: NL = 1

Baños general Hombres y Mujeres: NL = 2

Baños de administración y de personal: NL = 1

Acceso principal: NL= 2,

Cocineta: NL= 1,

Bodega Ducto = NL = 1

3.8 Cálculo De La Carga Del Alumbrado Con la Luminaria Propuesta

Una vez obtenidos todos los resultados con el método de lúmenes, se procede a realizar el cálculo de la carga con la luminaria propuesta para poder visualizar mejor los resultado se mostrara en las tablas siguientes para ver la disminución de carga, las luminarias necesarias para obtener el nivel de iluminación adecuado que de acuerdo con el manual de alumbrado de la Whestinghouse

El nivel de iluminación mínimo recomendado para el área de oficinas es de 700 Luxes. Al mismo tiempo se puede apreciar la demanda por día la cual disminuye en comparación con la que se tiene actualmente..

AREA	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA EN W	NO. DE LUMINARIA	NO. DE LAMPARAS	POTENCIA TOTAL EN W	FUNCION X HRS.	DEMANDA X DIA WH	DEMANDA X MES
DEPTO. PROTECCIONES	LUMINARIA LED	27	3	9	81	12	972	29160
DEPTO. ELECTRICO	LUMINARIA LED	27	3	9	81	12	972	29160
DEPTO. PRODUCCION	LUMINARIA LED	27	3	9	81	12	972	29160
DEPTO. CIVIL	LUMINARIA LED	27	4	12	108	12	1296	38880
DEPTO. MECANCO	LUMINARIA LED	27	4	12	108	12	1296	38880
DEPTO. DE CONTROL	LUMINARIA LED	27	4	12	108	12	1296	38880
SALA DE CONTROL EXT.	LUMINARIA LED	27	10	30	270	12	3240	97200
ACCESO PRINCIPAL Y VESTIBULO	LUMINARIA LED	27	8	24	216	12	2592	77760
BAÑOL P/ CIVIL	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
BAÑO P/ PRODUCCION	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
BAÑO GENERAL M.	LUMINARIA LED	27	2	6	54	8	432	12960
BAÑO GENERAL H.	LUMINARIA LED	27	2	6	54	8	432	12960
ASEO	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
SALA DE UPS	LUMINARIA LED	27	2	6	54	12	648	19440
SALA DE COMUNICACIONES	LUMINARIA LED	27	1	3	27	12	324	9720
CONTORNO	BOMBILLO LED	12	16	32	192	12	2304	69120
TOTAL			65	179	1515		17424	522720
TOTAL En Kwh							17.424	522.72

Tabla 3.9 Demanda Energética de las oficinas técnicas con luminarias propuestas.

AREA	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA EN W	NO. DE LUMINARIA	NO. DE LAMPARAS	POTENCIA TOTAL EN W	FUNCION X HRS.	DEMANDA X DIA WH	DEMANDA X MES
TESORERIA	LUMINARIA LED	27	2	6	54	12	648	19440
ARCHIVO TESORERIA	LUMINARIA LED	27	1	3	27	2	54	1620
PERSONAL	LUMINARIA LED	27	2	6	54	12	648	19440
ARCHIVO PERSONAL	LUMINARIA LED	27	1	3	27	2	54	1620
BAÑO PERSONAL	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
ADMINISTRACION	LUMINARIA LED	27	4	12	108	12	1296	38880
BAÑO ADMINISTRACION	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
ARCHIVO ADMINIS.	LUMINARIA LED	27	1	3	27	2	54	1620
ARCHIVO ADMINIS. 2	LUMINARIA LED	27	1	3	27	2	54	1620
VESTIBULO IZQ.	LUMINARIA LED	27	3	9	81	12	972	29160
ACCESO PRINCIPAL	LUMINARIA LED	27	2	6	54	12	648	19440
NOMINAS	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
CONTABILIDAD	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
SEGURIDAD SOCIAL	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
INFORMATICA	LUMINARIA LED	27	8	24	216	12	2592	77760
SUPERINTENDENCIA	LUMINARIA LED	27	4	12	108	12	1296	38880
BAÑO SUPERINTEN.	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
VESTIBULO 2	LUMINARIA LED	27	2	6	54	12	648	19440
COCINETA	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
SALA DE JUNTAS	LUMINARIA LED	27	6	18	162	8	1296	38880
BAÑO PARA JUNTAS	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
BAÑO GENERAL H.	LUMINARIA LED	27	2	6	54	8	432	12960
BAÑO GENERAL M.	LUMINARIA LED	27	2	6	54	8	432	12960
PASILLO/DUCTO	LUMINARIA LED	27	1	3	27	8	216	6480
COMPRAS	LUMINARIA LED	27	3	9	81	12	972	29160
ARCHIVOS COMPRAS	LUMINARIA LED	27	1	3	27	2	54	1620
ARCH. SEGURIDAD	LUMINARIA LED	27	1	3	27	2	54	1620
CONTORNO	BOBILLO LED	12	23	46	276	12	3312	99360
VACIO/BODEGA	BOBILLO LED	12	2	4	24	8	192	5760
TOTAL			80	215	1785		17652	529560
TOTAL En Kwh							17.652	529.56

Tabla 3.10 Demanda Energética de las oficinas administrativas con luminarias propuestas.

3.9 Comparación De Ahorro De Energía Del Alumbrado

Consumo del Alumbrado Actual					Consumo del Alumbrado Proyectado			
Tipo de Lámparas	Potencia (W)	Total de luminarias	Total de lámparas	Potencia Total W	Tipo de lámparas	Total de luminarias	Total de lámparas	Potencia Total W
Fluorescente Lineal	32	4	8	256	luminario led	49	147	1323
Fluorescente Lineal	75	12	24	1800				
Fluorescente Lineal	60	1	2	120				
Fluorescente Lineal	39	31	62	2418				
alta intensidad de descarga	175	7	7	1225	Bombillo Led	16	32	192
Potencia Instalada		127	103	5819	Potencia Proyectada	65	179	1515
Total de Ahorro= (5819 W- 1515 W) = 4304/1000 = 4.304 KW								

Tabla 3.11 Ahorro en oficinas técnicas

Consumo del Alumbrado Actual					Consumo del Alumbrado Proyectado			
Tipo de Lámparas	Potencia (W)	Total de luminarias	Total de lámparas	Potencia Total W	Tipo de lámparas	Potencia (W)	Total de luminarias	Potencia Total W
Fluorescente Curvalume	32	69	138	4416	Luminaria Led	27	55	1485
Fluorescente Compactas	13	58	116	1508	Bombillo Led	12	25	300
Carga Instalada		127	254	5924	Carga Proyectada		80	1785
Total de Ahorro= (5924 W- 1785 W) = 4139/1000 = 4.139 Kw								

Tabla 3.12 Ahorro en oficinas administrativas

3.10 Sistema Fotovoltaico Para El Alumbrado De Las Oficinas

Un adecuado dimensionado de las instalaciones supone, asegurar la fiabilidad de las mismas y su utilización a lo largo del tiempo, evitando que queden inservibles al cabo de pocos años al utilizarse con fines para los cuales no habían sido concebidas.

En el dimensionado de los sistemas fotovoltaicos es fundamental conocer la radiación incidente sobre el sistema y determinar con precisión el consumo. Como quiera que estos datos sean difíciles de conocer con exactitud, surgen distintos métodos aproximados que permiten determinar cuál es el tamaño necesario de paneles, en Wp, y de batería, en Ah, con los que hay que satisfacer un consumo dado en una situación concreta (temporal y espacialmente).

Consideraciones De Diseño

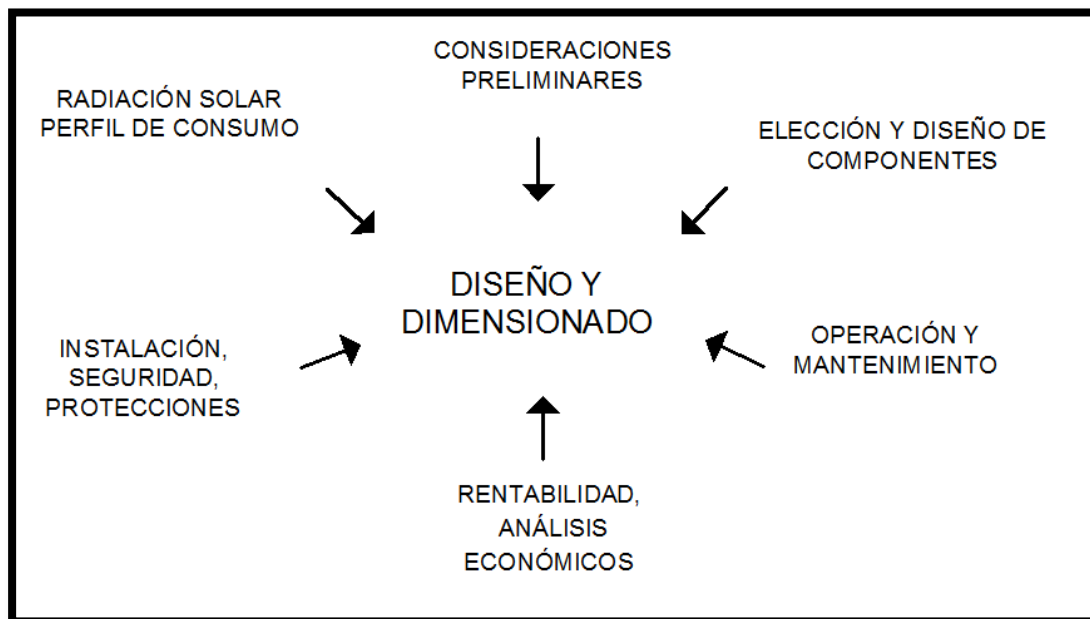


Fig. 3.18. Diagrama de diseño.

Los factores que afectan principalmente son la radiación solar posible, el perfil del consumo, las características eléctricas de las cargas y las características de cada uno de los componentes elegidos.

Una de las cosas que hay que tener en cuenta a la hora de realizar un diseño solar F.V. es la forma característica del consumo, a lo que llamamos perfil de carga diaria a la representación horaria de la potencia en vatios que vamos a consumir. Este perfil nos da información sobre la simultaneidad de los consumos y nos sirve para calcular los sistemas de acondicionamiento de potencia y de distribución [7].

Proceso para el Dimensionado de la instalación F.V.- El proceso es el siguiente: Elección de la orientación (acimut e inclinación), Obtención de la radiación (tablas con las H.S.P. o los Kwh/m²), Calcular la carga (energía consumida), Determinar la tensión de funcionamiento, Calcular la dimensión del generador FV, Determinar la capacidad del banco de baterías, Dimensionado del regulador y los convertidores CC/CC y CC/CA si los hay, Cálculo de la sección del conductor (S).

Método Del Mes Peor.- La cantidad de radiación recibida del sol (radiación solar) y la demanda diaria de energía son los factores que nos marcarán la pauta para diseñar un sistema F.V. Un método para el cálculo de instalaciones F.V. es el método del mes peor.

El método del mes peor tiene en cuenta valores medios mensuales diarios de radiación global y de la carga. Sólo tiene en cuenta los valores del mes más desfavorable en lo que a la relación carga/radiación se refiere. Es preciso determinar el número máximo de días de autonomía (D_{aut}) en función de las necesidades de la instalación y de las características climatológicas de la zona.

A la hora de establecer D_{aut} , hay que considerar tanto la climatología del lugar como el tipo de instalación, la importancia del servicio prestado (de iluminación de viviendas, hospital, fábrica, etc.) y las limitaciones económicas ya que cuanto mayor sea D_{aut} , mayor la inversión [7].

Invierno	Instalación doméstica	Instalación crítica
muy nubosos	5	10
variables	4	8
soleados	3	6

Tabla: 3.13 Estimación del número de días de autonomía.

El número de días que se considera en este dimensionado, es de 6 días de autonomía, que corresponde a días soleados en instalación crítica.

Elección De La Orientación (Acimut e Inclinación).- Orientación de los paneles: Esta orientación está determinada por dos ángulos, el acimut α (ángulo que mide la desviación respecto al sur, en el hemisferio norte, y respecto al norte, en el hemisferio sur) y la inclinación β (ángulo formado por la superficie del módulo y el plano horizontal).

Acimut.- En general conviene tener el módulo girado hacia el ecuador terrestre (es decir, hacia el sur en el hemisferio norte, hacia el norte en el hemisferio sur) para que durante el día el panel capte la mayor cantidad de radiación posible ($\alpha=0^\circ$).

Hay que tener mucho cuidado en que no se produzcan sombras sobre los paneles o parte de ellos. Para lo cual es preciso estudiar los elementos que rodean al campo de los paneles (árboles, edificios, muros, etc.) Se podría considerar un $\alpha = \pm 20^\circ$ si las condiciones del lugar obliguen a ello.

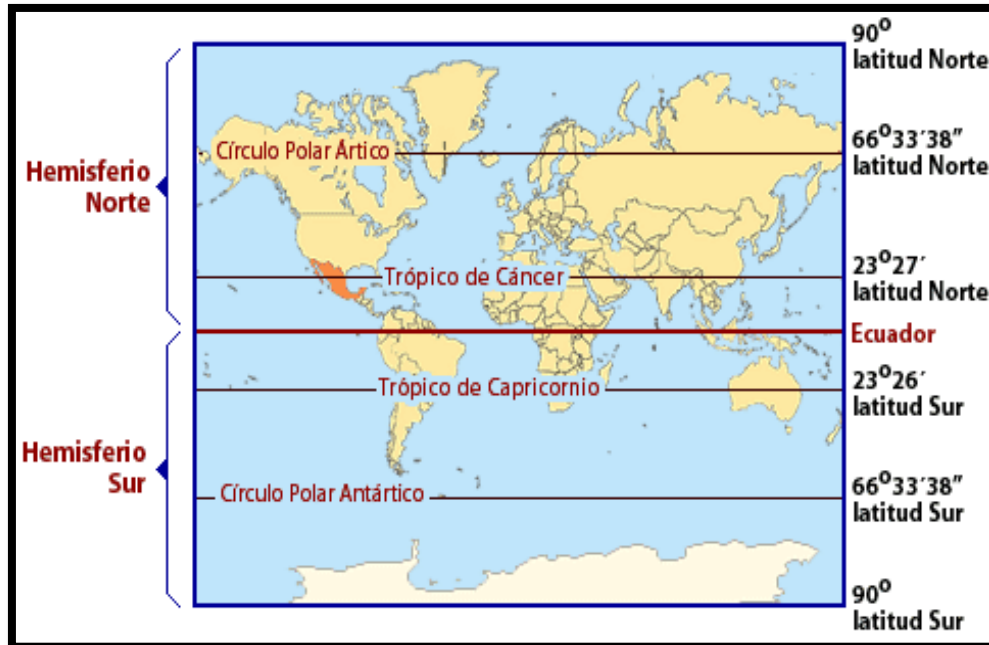


Fig. 3.19. Hemisferio norte y sur.

Por lo tanto la orientación de los paneles será: al Sur (en el hemisferio norte). De acuerdo con la imagen nos encontramos situados en el hemisferio Norte por lo que es la única posición donde se aprovechara de un modo más completo a lo largo del año la radiación emitida por el Sol. Tan sólo en circunstancias especiales o por el efecto de sombras creadas por otros objetos se podrá variar dicha orientación hacia el Este.

Inclinación.- Suele fijarse una β que maximice el ajuste entre la captación y la demanda de energía. Este criterio se traduce en:

Primero.-Para instalaciones con consumos constantes o similares a lo largo del año, es preferible optimizar la instalación para captar máxima radiación durante los meses invernales. Se utilizan inclinaciones iguales al valor absoluto de la latitud del lugar (ángulo Φ) incrementado en 10° ($\beta = |\Phi| + 10^\circ$).

Segundo.-Para instalaciones con consumos inferiores en invierno puede utilizarse como inclinación el valor de la latitud del lugar. Se optimiza así para los meses de primavera y otoño ($\beta = |\Phi|$). Tercero.- Para instalaciones que sólo se usan en verano (por ejemplo riego) conviene emplear un ángulo igual a la latitud en valor absoluto menos 10° ($\beta = |\Phi| - 10^\circ$). En cualquier caso, se recomienda que la inclinación del panel (β), nunca sea menor que 15° .

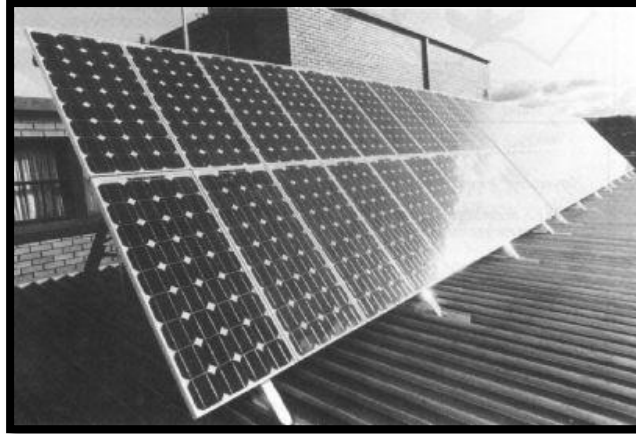


Fig. 3.20. Ejemplo del ángulo de inclinación.

Para la inclinación de los paneles se utilizará la condición 1, que es para instalaciones con consumos constantes o similares a lo largo del año. De acuerdo con la latitud que es $16^{\circ} 56' 29''$ N, el ángulo de inclinación es igual:

$$(\beta = |\Phi| + 10^{\circ}) = (\beta = |16^{\circ}| + 10^{\circ}) = 26^{\circ}$$

Dónde: Φ = ángulo del valor absoluto de la latitud. β = al ángulo de inclinación.

Cálculo De La Radiación Solar Disponible.

La energía que capta un panel solar fotovoltaico va a depender tanto de la climatología del lugar como del ángulo de inclinación que el panel posea respecto a los rayos solares, como ha sido explicado anteriormente. La elección de los datos de radiación solar dependerá directamente de la situación de la instalación, de las condiciones meteorológicas predominantes y particulares de cada lugar geográfico.

De acuerdo con la tabla obtenida en la página de la NASA, introduciendo los valores de la latitud y longitud del lugar, los resultados de la radiación solar en Chicoasen es la siguiente [9]:

- Lugar: Chicoasen
- Latitud: $16^{\circ} 56' 29''$ Norte,
- Longitud: $93^{\circ} 06' 03''$ Oeste,
- Altitud: 405.00 m.s.n.m.

Nota: De acuerdo a la tabla 3.14; el mes peor corresponde; al mes de Diciembre con un valor de 4.28 este valor se usara para los cálculos que se presentan a continuación.

Mes	Radiación Solar Kwh/m ² /día.
Enero	4.33
Febrero	5.01
Marzo	5.92
Abril	6.15
Mayo	5.90
Junio	5.32
Julio	5.64
Agosto	5.45
Septiembre	4.74
Octubre	4.52
Noviembre	4.50
Diciembre	4.28

Tabla 3.14 Energía Recibida Durante Un Día Y Por Unidad De Superficie.

Evaluación del consumo total (Et).- Para la evaluación del consumo total se tienen en cuenta dos factores: Margen de seguridad de captación (Eb): Corresponde a las pérdidas en el cableado, pérdidas en conexiones, variaciones en los consumos previstos inicialmente, etc. En principio puede estimarse en un 15 % para la mayoría de los casos.

Eficiencia del inversor (Ei): Es la relación entre la energía que se aporta al inversor y la realmente disponible para el consumo. El inversor tiene un consumo propio constante y un rendimiento variable en función de la carga puede tomarse como valor medio el 85 %.

Para la estimación de la energía consumida por la instalación se habrán de evaluar, por separado, la aportación al consumo total de los equipos de corriente alterna y continua. A la hora de realizar esta estimación deben tenerse en cuenta las variaciones estacionales, En el caso de que se trate de sistemas de electrificación con consumos idénticos a lo largo de todo el año, bastará con realizar una única estimación [9].

Para el dimensionado de la instalación fotovoltaica, el consumo total es únicamente para el sistema de alumbrado de cada una de oficinas. Es decir equipos de corriente alterna en el cual el consumo es idéntico para todo el año. Por lo tanto:

$E_t = \text{Consumo En C.A.}$

- La energía necesaria para el consumo de las luminarias propuestas, será el producto del número de equipos iguales por la potencia y por el número de horas diarias de funcionamiento.

Para las Oficinas Técnicas el consumo total del alumbrado proyectado es:
 $E_t = 17424 \text{ Wh.}$

Para las Oficinas Administrativas el consumo total del alumbrado proyectado es:
 $E_t = 17652 \text{ Wh.}$

Determinación La Tensión De Trabajo.-Tensión de funcionamiento de la instalación: La tensión de funcionamiento se puede determinar a partir de la potencia de la instalación, que lógicamente está relacionada con la energía consumida. Se suelen emplear las tensiones estándar: 12 V, 24 V, 48 V o 120 V.

En general se recomienda: 12 V para potencias menores de 1,5 kW, 24 o 48 para potencias entre 1,5 y 3 kW, 48 o 120 V para potencias mayores de 3 kW. La elección de la tensión de la instalación no es del todo arbitraria, y está determinada en gran medida por la disponibilidad en el mercado de equipos que funcionen a distintas tensiones: Si los equipos lo permiten, fijamos la tensión nominal a 12 ó 24 V,

Si sólo se disponen de equipos que funcionen a unas tensiones determinadas, hay que calcular la potencia que consumen los grupos de equipos que funcionen a igual tensión, y elegir como tensión nominal aquélla a la que se consuma más potencia. Para las otras tensiones, se emplean convertidores. Lógicamente, esta opción complica la instalación, por lo que es preferible la anterior. La tensión nominal para el sistema propuesto será de **120 V** (voltaje nominal en corriente directa) y (127 V en corriente alterna), ya que para ambas oficinas la potencia instalada supera los 3 Kw.

Número de Paneles.- Los paneles están diseñados para formar una estructura modular, siendo posible combinarlos entre sí en serie, en paralelo o de forma mixta, a fin de obtener la tensión y la intensidad deseadas. Al conectar en serie los módulos, el voltaje total es igual a la suma de los voltajes individuales de cada módulo, manteniéndose invariable la intensidad; al conectar en paralelo, son las corrientes las que se suman, permaneciendo igual el voltaje.

En general, se procura adquirir paneles cuyo voltaje sea igual al del sistema (12, 24 ó 48 V); si esto no es posible, se han de acoplar en serie el número de paneles necesario para alcanzar dicho voltaje. El número de paneles en serie N_{ps} es el número entero inmediatamente superior al cociente entre la tensión nominal del sistema y la tensión de máxima potencia del panel [7].

$$N_{ps} = \frac{Vn}{V_{pmax}} \quad (3.7)$$

En donde: Nps = Número de paneles en Serie, Vn = Voltaje nominal de sistema en cd, Vpmax = voltaje de máxima potencia del panel.

Para calcular el número de paneles en paralelo (Npp), se divide el valor obtenido de ImMAX de la radiación/consumo se divide entre la intensidad en el punto de máxima potencia del panel:

$$N_{pp} = \frac{I_{mMAX}}{I_{Pmax}} \quad (3.8)$$

En donde: Npp = Número de paneles en Paralelo, ImMAX = Corriente máxima en el mes peor, Ipmax = Intensidad máxima de potencia del panel. El número total de Paneles es igual al número de Paneles en serie por el número de paneles en paralelo.

$$N_{pt} = N_{ps} \times N_{pp} \quad (3.9)$$

Cálculo del número de paneles para las oficinas técnicas: Como se mencionó anteriormente las características para el sistema; Para el sistema fotovoltaico propuesto se ha seccionado paneles con las siguientes características:

Características del Sistema	
Días de Autonomía	6 Días
Tensión Nominal del Sistema DC	120 V
Tensión Nominal del Sistema AC	127 V
Vida Útil	25 Años

Tabla 3.15 Características del sistema

Características del Panel	
Potencia Máxima (Pmax)	250 W
Voltaje Circuito Abierto (Voc)	37.85 V
Corriente Corto Circuito (Isc)	8.65 A

Tabla 3.16 Características del panel solar.

Paneles en serie: aplicamos la ecuación 3.7 y se sustituyen valores:

$$N_{ps} = \frac{Vn}{V_{pmax}} = \frac{120 \text{ v}}{37.85 \text{ v}} = 3.17 \approx 4 \text{ paneles en serie}$$

Paneles en Paralelo: antes de calcular se necesita realizar cálculos previos

Irradiacion (Kwh/m2)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	4.33	5.01	5.92	6.15	5.9	5.32	5.64	5.45	4.74	4.52	4.5	4.28
Consumo Dia/wh	17424	17424	17424	17424	17424	17424	17424	17424	17424	17424	17424	17424
I mi= E dia/Irra*Vn	33.53	28.98	24.53	23.61	24.61	27.29	25.74	26.64	30.63	32.12	32.27	33.93
Ip=FS*I mi max	De acuerdo a los datos del mes de diciembre se tiene que Ip =						1.21	X	33.93			41.05

Tabla 3.17 Datos de Irradiación y consumos en el mes peor.

-I mi = E día/Irra*Vn: Intensidad máxima irradiada para cada mes = (Consumo al Día) / (Irradiación) * (voltaje nominal en cd).

-Ip = FS*I mi max: Intensidad de los paneles para la ImMax= (factor de seguridad= 1.21) * (intensidad máxima irradiada en el mes peor = 33.93)

Aplicando ecuación 3.8 se obtiene:

$$N_{pp} = \frac{I_{mMAX}}{I_{Pmax}} = \frac{41.05 \text{ A}}{8.65 \text{ A}} = 4.74 \approx 5 \text{ paneles en paralelo}$$

El número total de paneles para las oficinas técnicas aplicando ecuación 3.9 es de: 20 paneles con una potencia de 250 W para el consumo de una carga total de 17424 Wh.

$$N_{pt} = N_{ps} \times N_{pp} = 4 \times 5 = 20 \text{ paneles}$$

Cálculo del número de paneles para las oficinas Administrativas:

Paneles en serie: aplicamos la ecuación 3.7 y se sustituyen valores:

$$N_{ps} = \frac{V_n}{V_{pmax}} = \frac{120 \text{ v}}{37.85 \text{ v}} = 3.17 \approx 4 \text{ paneles en serie}$$

Cálculos previos para determinar el número de paneles en paralelo:

Irradiacion (Kwh/m2)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	4.33	5.01	5.92	6.15	5.9	5.32	5.64	5.45	4.74	4.52	4.5	4.28
Consumo Dia/wh	17652	17652	17652	17652	17652	17652	17652	17652	17652	17652	17652	17652
I mi= E dia/Irra*Vn	33.97	29.36	24.85	23.92	24.93	27.65	26.08	26.99	31.03	32.54	32.69	34.37
Ip=FS*I mi max	De acuerdo a los datos del mes de diciembre se tiene que Ip =						1.21	X	34.37			41.59

Tabla 3.18 Datos de Irradiación y consumos en el mes peor.

Aplicando ecuación 3.8 tenemos:

$$N_{pp} = \frac{I_{mMAX}}{I_{Pmax}} = \frac{41.59 \text{ A}}{8.65 \text{ A}} = 4.80 \approx 5 \text{ paneles en paralelo}$$

El número total de paneles para las oficinas Administrativas: aplicando la ecuación 3.9, la multiplicación de los paneles en paralelo con los en serie, se obtiene que se necesitan 20 paneles con una potencia de 250 W para el consumo de una carga total de 17652 Wh.

$$N_{pt} = N_{ps} \times N_{pp} = 4 \times 5 = 20 \text{ paneles}$$

Capacidad de la batería o acumulador.- El acumulador determina la tensión del sistema (de hecho, es él quien la fija), y ha de tener una capacidad tal que pueda proporcionar a las cargas la energía necesaria cuando no haya suficiente radiación solar. Para ello, puede ser necesario asociar baterías en serie.

Primero se calcula la capacidad de almacenamiento requerida por el sistema (capacidad necesaria, CNec). Esta capacidad del sistema depende de la energía necesaria en el mes peor y del valor de los días de autonomía (N) que se ha fijado anteriormente.

$$CNec = Edia \times \frac{N_{dauto}}{V_n \times PD \times E_{bat}} \quad (3.10)$$

Dónde:

- CNec = capacidad nominal de almacenamiento del sistema
- Edia = Total energía consumida al día
- N_{dauto} = Número de días De Autonomía
- V_n = Voltaje Nominal del sistema en cd
- PD = Profundidad máxima de descarga de la batería
- E_{bat} = Eficiencia de la batería.

Para calcular el número de baterías en serie (N_{bs}), dividimos la tensión nominal de la instalación (V_N) entre la tensión nominal de la batería (V_{NBat}):

$$N_{bs} = \frac{V_n}{V_{NBat}} \quad (3.11)$$

En donde:

- N_{bs} = Número de baterías en serie
- V_n = Voltaje Nominal del Sistema.
- V_{NBat} = Voltaje Nominal de La Batería

Para calcular el número de baterías en paralelo (Npp) se aplica la ecuación 3.12 y el número total de las baterías es el producto de (Nps x Npp = Nptotal).

$$N_{bp} = \frac{C_{nec}}{AH_{bateria}} \quad (3.12)$$

-Cálculo del número de Baterías para las Oficinas Técnicas:

Aplicando la ecuación 3.10 para determinar la Capacidad nominal de almacenamiento del sistema tenemos las características de las baterías a implementar como son su tensión nominal, profundidad máxima de descarga, eficiencia y capacidad, [7].

Características de la batería	
Tensión Nominal	12 V
Profundidad Máxima de Descarga	0.7 %
Eficiencia	0.85 %
Capacidad (Amperios Hora)	450

Tabla 3.19 Característica de la batería.

$$C_{Nec} = E_{dia} \times \frac{N_{dauto}}{V_n \times PD \times E_{bat}} = \frac{17424 \times 6}{120 \times 0.7 \times 0.85} = 1464.20$$

Para determinar el número total de baterías en serie se aplicando la ecu. 3.11

$$N_{bs} = \frac{V_n}{V_{NBat}} = \frac{120v}{12v} = 10 \text{ baterias}$$

Para determinar el número de baterías en paralelo ecuación 3.12:

$$N_{bp} = \frac{C_{nec}}{AH_{bateria}} = \frac{1464.20}{450} = 3.25 \approx 4 \text{ baterias}$$

Número total de baterías Nbs X Nbp = 10 x 4 = 40 baterías.

-Cálculo del número de Baterías para las oficinas Administrativas:

$$C_{Nec} = E_{dia} \times \frac{N_{dauto}}{V_n \times PD \times E_{bat}} = 17652 \times \frac{6}{120 \times 0.7 \times 0.85} = 1483.36$$

Para determinar el número total de baterías en serie se aplica la ecuación 3.11:

$$N_{bs} = \frac{V_n}{V_{NBat}} = \frac{120v}{12v} = 10 \text{ baterias}$$

Número de baterías en párelo aplicando ecuación 3.12:

$$N_{bp} = \frac{C_{nec}}{AH_{bateria}} = \frac{1483.36}{450} = 3.29 \approx 4 \text{ baterias}$$

Número total de baterías: $N_{bs} \times N_{bp} = 10 \times 4 = 40$ baterías

Regulador.- Por cuestiones de seguridad, se debe elegir un regulador que pueda disipar una intensidad máxima (I_{maxReg}) un 20% mayor que la intensidad máxima que proporciona el campo de paneles:

$$I_{maxReg} = 1.2 \times N_{pp} \times I_{pMax} \quad (3.13)$$

Dónde:

- I_{maxReg} = Intensidad Máxima del Regulador
- N_{pp} = Número de paneles en Paralelo
- I_{pMax} = Intensidad máxima de potencia del panel (I_{sc}).

Intensidad del regulador para las oficinas técnicas:

$$I_{maxReg} = 1.2 \times N_{pp} \times I_{pMax} = 1.2 \times 5 \times 8.65 = 51.9 \text{ A}$$

Intensidad del regulador para las oficinas Administrativas:

$$I_{maxReg} = 1.2 \times N_{pp} \times I_{pMax} = 1.2 \times 5 \times 8.65 = 51.9 \text{ A}$$

Nota: Para este caso no son necesarios los reguladores ya que el dimensionado del sistema es para el alumbrado en CA, y no se conectaran equipos electrónicos que sensibles a las variaciones del sistema. Solo se realizó el cálculo para apreciar cual sería la I_{max} del regulador.

Inversor (DC / AC).- La energía total para los equipos de AC se calcula incluyendo las pérdidas que introducen el convertidor o inversor. Para la elección de la potencia nominal del convertidor, es preciso advertir que su rendimiento no es constante con la potencia, sino que, por ejemplo, si la potencia que está proporcionando es baja, el rendimiento baja.

Para evitar calcular en exceso el convertidor, y el consiguiente costo adicional, hay que tener en cuenta, no la potencia que ha de entregar a todos los equipos, sino la potencia que ha de entregar a los que puedan funcionar simultáneamente.

$$P_{INV} = F.S \times P_{A.C} \quad (3.14)$$

Dónde:

- PINV = Potencia Nominal del Inversor
- F.S = Factor de Simultaneidad
- P A.C = Potencia Consumida en Corriente Alterna.

El factor de simultaneidad, lo estimado es un 75% para los inversores. De acuerdo a las tablas 3.9 y 3.10, la potencia real consumida en AC para cada oficina correspondiente es de 1515 w y 1785 w.

-Potencia del inversor para las oficinas técnicas:

$$P_{INV} = F.S \times P_{A.C} = 0.75 \times 1515 = 1136.12 W$$

-Potencia del inversor para las oficinas Administrativas:

$$P_{INV} = F.S \times P_{A.C} = 0.75 \times 1785 = 1338.75 W$$

3.11 Análisis de Costos Y Retorno De La Inversión

Cálculo del retorno de la inversión.- Los cálculos que a continuación se muestran, se hicieron tomando en cuenta una jornada laboral de 12hrs diarias de lunes a sábado. Los ahorros económicos proyectados por la implementación de este proyecto se obtienen básicamente por los tres conceptos siguientes: Una disminución del consumo de energía, Una menor demanda eléctrica del sistema de alumbrado, Eliminación de penalizaciones por bajo factor de potencia.

La suma de los tres ahorros proyectados hacen el total de ahorros que se obtendrá anualmente al implementar el proyecto.

Primero.-Ahorro Proyectado Por Disminución De Consumo De Energía.

Con la luminaria propuesta la carga instalada se verá disminuida y al mismo tiempo se tiene un menor consumo de energía eléctrica. Como se puede apreciar en la Tabla 3.20, muestra el análisis de ahorro de energía proyectado a un año con valor de 18352.2 Kwh por 12 horas de operación diarias.

Concepto	Kw Ahorrados	horas de operación	Kwh ahorrados por día	Kwh ahorrados por un año
Consumo Kwh	4.304	12 Hrs.	50.28	18352.2

Tabla 3.20 Energía Ahorrada al Año

Actualmente hay una demanda por día de 67.70 Kwh y con el propuesto una demanda por día de 17.424 kwh por lo tanto: $67.70 - 17.424 = 50.28$ Kwh. Enseguida se muestra el análisis de ahorros económicos proyectados a un año:

Concepto	Kwh ahorrados en un año	Precio promedio Kwh	Ahorro economico en un año
Consumo de energia	18352.2	\$1.68	\$30,831.70

Tabla 3.21 Ahorro económico Proyectado a un Año

Segundo.- Ahorro Proyectado Por Disminución De Demanda Eléctrica: De acuerdo a la tabla 3.23 se demuestra la disminución de la demanda eléctrica con el alumbrado proyectado.

Consumo del Alumbrado Actual					Consumo del Alumbrado Proyectado			
Tipo de Lamparas	Potencia (W)	Total de	Total de lamparas	Potencia Total W	Tipo de lamparas	Total de luminarias	Total de lamparas	Potencia Total W
Fluorescente Lineal	32	4	8	256	luminario led	49	147	1323
Fluorescente Lineal	75	12	24	1800				
Fluorescente Lineal	60	1	2	120				
Fluorescente Lineal	39	31	62	2418				
alta intensidad de descarga	175	7	7	1225	Bombillo Led	16	32	192
Potencia Instalada		127	103	5819	Potencia Proyectada	65	179	1515
Total de Ahorro= (5819 W- 1515 W) = 4304/1000 = 4.304 KW								

Tabla 3.22 Comparación del número de luminarias.

Como se observar se reduce la demanda eléctrica, ya que actualmente las lámparas no son las más adecuadas al igual que el balastro ya que son electromagnético, y con las luminarias propuestas son más eficientes. No producen calentamiento y no causan impactos al medio ambiente y a los usuarios que se encuentran en sus respectivos trabajos en las oficinas, al usar estos balastros no se presentan perdidas.

Concepto	Disminución de Kw
Demanda eléctrica	4.304

Tabla 3.23 Disminución De Demanda Eléctrica

Tercero.- Ahorro Proyectado Por Determinación De Alto Factor De Potencia: Al tener un equipamiento con alto factor de potencia, se elimina la penalización que mensualmente efectúa la CFE por bajo factor de potencia, según la siguiente formula.

Porcentaje de Recargo = $3 / 5 \times ((90 / \text{F.P.}) - 1) \times 100$; Para un F.P. menor de 90 %. Como se dio a conocer anteriormente en el levantamiento físico de las oficinas técnicas, estas cuentan con balastros electromagnéticos de bajo factor de potencia con un porcentaje del 60% muy debajo del F.P. recomendado que es arriba del 90%. Por lo tanto se aplica la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de recargo.

Porcentaje de Recargo = $3/5 \times ((90 / 60) - 1) \times 100 = 30 \%$ de recargo adicional por bajo factor de potencia. Determinación del ahorro económico por alto factor de potencia: Considerando que actualmente hay un total de demanda de 67.70Kwh entonces:

$$67.70 \text{ Kwh} \times \$1.68 = \$133.736 \quad \therefore \text{ Mensual} = \$3412.08$$

$$\$3412.08 \times 0.30 = \$1023.62$$

Considerando mensualmente con el alumbrado actual es de \$3412.08, la penalización que realiza la CFE asciende a \$1023.62, por lo tanto el ahorro proyectado por eliminación de penalización por bajo factor de potencia es el mostrado en la tabla.

Concepto	Eliminacion de Penelizacion mensual	Ahorro Economico en un Año
Factor de Potencia	\$1,023.62	\$12,283.44

Tabla 3.24 Ahorro Económico Proyectado A Un Año Por Factor De Potencia

Ahorro Anuales	
Ahorro en consumo de energia Anual	\$30,831.70
Ahorro por factor de potencia Anual	\$12,283.44
Ahorro Total Anual	\$43,115.14

Tabla 3.25 Ahorro Totales Proyectados

Determinación Del Retorno De La Inversión de las luminarias Proyectada: OFICINAS TECNCAS, La inversión requerida para la realización de este proyecto tiene un costo total de: \$120,652.96 (ver anexo D), debido a que es una inversión considerable, es importante saber en cuanto tiempo se recupera la inversión a fin de decidir su viabilidad.

(Retorno Inversión = Inversión Requerida / ahorro anual): Lo cual implica: R. Inv. = $\$115,752.96 / \$43,115.14 = 2.68$ Lo que significa dos años y ocho meses aproximadamente con lo cual se demuestra ser un proyecto muy rentable.

Oficinas Administrativas

Primero.- Ahorro Proyectado Por Disminución De Consumo De Energía.

La tabla siguiente muestra el análisis de ahorro de energía proyectado a un año con la luminaria propuesta la carga. Actualmente hay una demanda por día de 61.636 Kwh y con el propuesto una demanda por día de 17.652 Kwh por lo tanto: $61.636 - 17.652 = 43.98\text{Kwh}$.

Concepto	Kw Ahorrados	horas de operación	Kwh ahorrados por día	Kwh ahorrados por un año
Consumo Kwh	4.139	12 Hrs.	43.98	16052.7

Tabla 3.26 Energía Ahorrada al Año.

Concepto	Kwh ahorrados en un año	Precio promedio Kwh	Ahorro economico en un año
Consumo de energia	16052.7	\$1.68	\$26,968.54

Tabla 3.27 Ahorro económico Proyectado a un Año.

Segundo.- Ahorro Proyectado Por Disminución De Demanda Eléctrica;

De acuerdo a la tabla No. 3.28 se demuestra la disminución de la demanda eléctrica con el alumbrado proyectado.

Consumo del Alumbrado Actual					Consumo del Alumbrado Proyectado			
Tipo de Lamparas	Potencia (W)	Total de luminarias	Total de lamparas	Potencia Total W	Tipo de lamparas	Potencia (W)	Total de luminarias	Potencia Total W
Fluorescente Curvalume	32	69	138	4416	Luminaria Led	27	55	1485
Fluorescente Compactas	13	58	116	1508	Bombillo Led	12	25	300
Carga Instalada		127	254	5924	Carga Proyectada		80	1785
Total de Ahorro= $(5924\text{ W} - 1785\text{ W}) = 4139/1000 = 4.139\text{ Kw}$								

Tabla 3.28 Comparación de luminarias de las oficinas Administrativas.

Concepto	Disminución de Kw
Demanda eléctrica	4.139

Tabla 3.29 Disminución De Demanda Eléctrica

Tercero.- por Ahorro Proyectado Por Determinación De Alto Factor De Potencia.-

Porcentaje de Recargo = $3/5 \times ((90 / 60) - 1) \times 100 = 30 \%$ de recargo adicional por bajo factor de potencia. Determinación del ahorro económico por alto factor de potencia: Considerando que actualmente hay un total de demanda de 61.636 Kwh entonces:

$$61.636 \text{ Kwh} \times \$1.68 = \$103.54 \quad \therefore \text{ Mensual} = \$3106.2$$

$$\$3106.2 \times 0.30 = \$931.86$$

Considerando mensualmente con el alumbrado actual es de \$3106.2, la penalización que realiza la CFE asciende a \$931.84, por lo tanto el ahorro proyectado por eliminación de penalización por bajo factor de potencia es el mostrado en la siguiente tabla.

Concepto	Eliminación de Penelizacion mensual	Ahorro Economico en un Año
Factor de Potencia	\$931.84	\$11,182.08

Ahorro Económico Proyectado A Un Año Por Factor De Potencia

Ahorro Anuales	
Ahorro en consumo de energia Anual	\$26,968.54
Ahorro por factor de potencia Anual	\$11,182.08
Ahorro Total Anual	\$38,150.62

Tabla 3.30 Ahorro Totales Proyectados

Determinación Del Retorno De La Inversión de luminarias Proyectada:

La inversión requerida para la realización de este proyecto tiene un costo total de: \$131,832.60 (ver anexo E). Debido a que es una inversión considerable, es importante saber en cuanto tiempo se recupera la inversión a fin de decidir su viabilidad.

(Retorno Inversión = Inversión Requerida / ahorro anual). Lo cual implica: R. Inv. = **\$131,832.60 / \$38,150.62 = 3.50**; Lo que significa tres años y cinco meses aproximadamente se recupera la inversión con lo cual se demuestra ser un proyecto rentable.

Retorno de la inversión del Sistema Fotovoltaico de las Oficinas:

OFICINAS TECNICAS							
	WATTS	NO. DE PANELES	KW	HORAS	KWH	KWH/MENS.	KWH/ANUAL.
PANEL SOLAR POLIOCRISTALINO	250	20	5	24	120	3600	43200
PRECIO KWH POR DIA	\$1.68	KWH AHORRADOS ANUALMENTE =		\$72,576.00	INVERSION REQUERIDA=		\$317,336.23
RETORNO DE LA INVERSION =				4.37		AÑOS	

Tabla 3.31 Ahorro Total Anual Del Sistema Propuesto para las oficinas técnicas.

La inversión inicial para el sistema fotovoltaico es: \$317,336.23 (ver anexo F). (Retorno Inversión = Inversión Requerida / ahorro anual). Retorno inversión = **\$317,336.23 / \$72,576.00 = 4.37 Años**. Lo que significa que en cuatro años y tres meses aproximadamente se recupera, con lo cual se demuestra ser un proyecto rentable, tomando en cuenta que la vida útil de los paneles solares de 25 años aproximadamente.

OFICINAS ADMINISTRATIVAS							
	WATTS	NO. DE PANELES	KW	HORAS	KWH	KWH/MENS.	KWH/ANUAL.
PANEL SOLAR POLIOCRISTALINO	250	20	5	24	120	3600	43200
PRECIO KWH POR DIA	\$1.68	KWH AHORRADOS ANUALMENTE =		\$72,576.00	INVERSION REQUERIDA=		\$317,336.23
RETORNO DE LA INVERSION =				4.37		AÑOS	

Tabla 3.32 Ahorro Anual Del Sistema Propuesto de las oficinas administrativas.

La inversión inicial para el sistema fotovoltaico es: \$317,336.23 (ver anexo G). (Retorno Inversión = Inversión Requerida / ahorro anual): Retorno inversión = **\$317,336.23 / \$72,576.00 = 4.37 Años**. Lo que significa que en cuatro años y tres meses aproximadamente se recupera la inversión por la tanto es rentable.

4. Resultados y Conclusiones

4.1 Resultados

Propuesta.- Se propone implementar Luminarias tipo de LED, marca: MAGG, potencia: 27W, Montaje: empotrada, Conexión: directa a un voltaje 85-265 VAC. 3 Tubos led light de 9W de 4000-4200 °K, 2943 lm, que tiene una duración de 60,000 horas con un costo por todas las luminarias de \$115,752.96 M.N. Con una recuperación en la inversión en 2.68 años, siendo esta propuesta factible para las oficinas técnicas.

Para las oficinas administrativas es con un costo de \$137,332.60 teniendo una recuperación de la inversión de 3.6 años lo cual viene siendo una propuesta factible de igual manera por la cual se ahorrará costos de mantenimiento, ahorro en energía

OFICINA:	TECNICAS	ADMINISTRATIVAS
NUMERO DE LAMPARAS	179	215
NUMERO DE LUMINARIAS	65	80
INVERSION REQUERIDA	\$115,752.96	\$137,332.60
GASTO DE ENERGIA ANUAL EN EL SISTEMA ACTUAL:	\$53,797.08	\$48,973.60
AHORRO DE ENERGIA ANUAL:	\$43,115.14	\$38,150.62
TIEMPO DE LA RECUPERACION DE LA INVERSION	2.68	3.6
FACTIBLE:	SI	SI
SISTEMA FOTOVOLTAICO PROYECTADO		
OFICINA	TECNICAS	ADMINISTRATIVAS
INVERSION REQUERIDA	\$317,336.23	\$317,336.23
AHORRO ANUAL	\$72,576.00	\$72,576.00
TIEMPO DE RECUPERACION	4.37	4.37
VIDA UTIL DEL SISTEMA	20 años	20 Años
FACTIBLE:	SI	SI

Tabla 4.1 Resumen De Resultados

4.2 Conclusiones

De acuerdo a los resultados, se recomienda lo siguiente: En primer lugar realizar la sustitución de las lámparas actuales por las luminarias propuestas, al mismo tiempo el homogenizar las luminarias de las oficinas técnicas para reducir costos de mantenimiento.

Ya que las luminarias actuales son con fluorescentes de 39, 75, 60 W con bulbos T-12 estas actualmente ya son obsoletas y además el balastro son electromagnético en el cual hay pérdidas 40% por bajo factor de potencia. Por lo cual la propuesta de sustituirlas por luminarias LED es muy viable, en tanto el ahorro de energía y la buena iluminación que se obtiene para el personal de las oficinas técnicas y administrativas.

Al implementar la propuesta con luminarias LEDs, hay un ahorro significativo. Observando la reducción del consumo de energía, siendo una opción mucho más viable económicamente.

La implementación del sistema fotovoltaico ayuda a favorecer la reducción de CO₂ que aportará un beneficio al medio ambiente por la disminución de la generación eléctrica convencional. En cuanto al sistema fotovoltaico para las oficinas de acuerdo a los resultados obtenidos las dos propuestas son viables ya que la inversión se recupera en buen tiempo.

Una justificante muy importante es, que a pesar de ser viable económicamente, el utilizar paneles solares es una opción de energía limpia lo cual ayuda a reducir las emisiones de CO₂ en el medio ambiente. Para demostrar la viabilidad con respecto al impacto ambiental que tienen se demuestra lo siguiente:

Cálculo De Las Emisiones De CO2 Por KWh De Electricidad						
Energía en KWh Anualmente	País	CO2 g/KWh	Emisiones de CO2 (g)	Emisiones de CO2 (Kg)	Emisiones de CO2 (Lb)	Emisiones de CO2 (Ton)
Oficinas Técnicas 24372.00	México	454.8341	11085216.69	11085.21	24438.71	11.085
Oficinas Admon. 22118.96	México	454.8341	10092295.65	10092.29	22249.70	10.092

Tabla 4.2 Emisiones de CO₂ por KWh de electricidad producidas anualmente al medio ambiente por las oficinas con sistema actual.

Como se puede observar, todas esas emisiones de CO₂ se estarían evitando anualmente si se instalan los paneles solares lo cual es un beneficio para el medio ambiente ya que en estos tiempos es la más importante prioridad.

Por lo tanto queda a criterio de la empresa implementar este proyecto para utilizar una fuente de energía limpia, con lo cual disminuyen la contaminación por CO₂ a la atmósfera y no produce emisiones contaminantes.

El recurso solar siempre está disponible, por lo que no es necesario contemplar otros tipos de energéticos, Modularidad (fácil expansión), Bajo impacto visual (se puede integrar al entorno).

Para la generación de energía proveniente de fuentes renovables, favorece la protección del medio ambiente al disminuir el uso de combustibles fósiles. Otro punto importante para las empresas, las medidas de ahorro y eficiencia son un camino, muy relevante en muchas actividades.



Para la mejora de su viabilidad y para la innovación productiva, constituyen la mejor defensa ante los crecientes costos de la energía, mejor garantía de suficiencia y el medio ambiente a nivel global.

El implementar el ahorro de energía mediante eficiencia energética en la iluminación y el uso de una de las fuentes alternas de energía, como lo es la energía fotovoltaica obtenido de la radiación que emite el sol, es con el objetivo de tomar conciencia social, respecto a los retos y los problemas ambientales que es cada vez mayor en el mundo actual.

Referencias Bibliográficas

- [1] <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/eli.html#libro>
- [2] Westinghouse. "Manual de Alumbrado". Editorial Dossat, 3a edición, México 1981.
- [3] "Luminotecnia: Iluminación de interiores y exteriores" [en línea]. Disponible en: <http://edison.upc.es/curs/llum/indice0.html>. Octubre, 2011.
- [4] http://cipriangarciamarqueziluminacion.bligoo.cl/media/users/19/955309/files/327144/calculo_metod_lumenes.pdf
- [5] <http://es.scribd.com/doc/53797534/64/USO-DE-TABLAS-FOTOMETRICAS-DE-COEFICIENTE-DE-UTILIZACION-%E2%80%93CU>
- [6] http://www.it46.se/courses/solar/materials/es/IT46_es_energia_solar_introduccion.pdf
- [7] http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234263307_GuiaFotovoltaicaGobCan.pdf
- [8] <http://www.conuee.gob.mx>
- [9] <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

Anexo A.- Panel Propuesto: Ficha Técnica Del Panel

POLYCRYSTALLINE	
	
 250W SOLAR PANEL <small>EXCEPTIONAL EFFICIENCY AND PERFORMANCE / EFICIENCIA Y DESEMPEÑO EXCEPCIONAL</small>	
ESPECIFICACIONES:	
NUMERO DE CELDAS	60 (6 X 10)
DIMENSION DEL MODULO	1640mm X 992mm
PESO	23.5 Kg
Tipo	Policristalino
Marca	solartec
MODELO	S60PC-250
CONDICION DE MEDICION	STC NOCT
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO	37.85 V 35.00 V
VOLTAJE EN EL PUNTO DE MAXIMA POTENCIA	30.12 V 28.60 V
CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO	8.65 A 7.00 A
CORRIENTE EN EL PUNTO DE MAXIMA POTENCIA	8,30 A 6.45 A
POTENCIA MAXIMA	250 W 184.5 W

Anexo B.-Baterías propuestas: Ficha Técnica De La Batería



Marca	TROJAN
Tipo / modelo	DC-500ML
Tamaño de grupo BCI	N/A
capacidad en Minutos	
@25 Amps	1050
@56 Amps	-
@75 Amps	272
Capacidad en Amp-Hours (AH)	
5 Hr	361
20-Hr	450
100-Hr	500
KILOWATT (kWh)	
100-Hr	6.00
Tipo de terminal	5,8
Dimensiones pulgadas(mm)	
Largo	19-1/4 (489)
Ancho	10-5/8 (270)
Alto	16-3/4 (425)
Peso lbs. (Kg)	332 (151)

Anexo C.-Inversor propuesto Para las oficinas: Ficha Técnica:



samlexamerica

DC-AC Inverter
 Pure Sine Wave

Model
 SA-2000K-112
 12 VDC-110 VAC
 SA-2000K-124
 24 VDC-110 VAC

Design Features

- Pure sine wave output (THD < 3%)
- Switch selectable output frequency: 50 / 60 Hz
- Switch selectable Power Save Mode wherein the Inverter shuts off non essential circuitry and reduces its no load self consumption till it sees a minimum programmed load (40 - 280 Watts)
- Optional wired remote controls for switching and monitoring the operation. Includes Ignition Lockout and Reverse Over-ride Function (ROF)
- Input and output are fully isolated
- Advanced micro-controller
- 2 load controlled cooling fans save power consumption
- 3 tri-color LEDs display operational status and fault indications
- Protections: overload; short circuit; leakage; low and high DC input voltages; high temperature; reverse polarity
- Safety: Meets UL-45B (Pending listing)
- EMC: Complies with FCC Part 15(B), Class A

FC 2 YEAR WARRANTY

	MODEL NO.	SA-2000K-112	SA-2000K-124
OUTPUT	OUTPUT VOLTAGE		120 VAC, +/- 5%
	OUTPUT FREQUENCY		50 / 60 Hz +/- 0.05% (Selected by Switch)
	TYPE OF OUTPUT WAVEFORM		Pure Sine Wave
	TOTAL HARMONIC DISTORTION OF OUTPUT WAVEFORM		< 3%
	CONTINUOUS OUTPUT POWER (At Power Factor = 1)	2000 W	2000 W
	SURGE OUTPUT POWER (At Power Factor = 1)	4000 W	4000 W
	PEAK EFFICIENCY (At full load)	89%	92%
INPUT	AC OUTPUT CONNECTIONS	Dual NEMAS-20R receptacles with GFCI protection; Terminal strip for hardwiring	
	NOMINAL DC INPUT VOLTAGE	12 VDC	24 VDC
	DC INPUT VOLTAGE RANGE	10.5 to 15 VDC, +/- 0.2 VDC	21 to 30 VDC, +/- 0.4 VDC
	DC INPUT CURRENT AT NO LOAD (Power Save on)	0.6 A	0.3 A
	DC INPUT CURRENT AT NO LOAD (Power Save off)	2.8 A	1.5 A
POWER SAVE (SLEEP MODE)	DC INPUT CONNECTIONS	M-8 bolt and nut / Wire with M-8 ring lug terminal	
	ENABLED / DISABLED BY SWITCH	Wake up power: 40 to 280 W (switch selectable)	
DISPLAY	INPUT VOLTAGE, OUTPUT POWER, STATUS	By steady / flashing patterns of three, 3- color LEDs	
REMOTE OPERATION	WIRED REMOTE CONTROL (Simple version) (Optional)	SR-8 with 10 ft cable	
	WIRED REMOTE CONTROL (Upgraded version) (Optional)	SR-6-12 with 10 ft cable	SR-6-24 with 10 ft cable
PROTECTION	LOW DC INPUT VOLTAGE ALARM	10.5 VDC, +/- 0.2 VDC	21.0 VDC, +/- 0.4 VDC
	LOW DC INPUT VOLTAGE SHUTDOWN	10.0 VDC, +/- 0.2 VDC	20.0 VDC, +/- 0.4 VDC
	HIGH DC INPUT VOLTAGE SHUTDOWN	15.0 VDC, +/- 0.2 VDC	30.0 VDC, +/- 0.4 VDC
	SHORT CIRCUIT SHUTDOWN		Yes
	OVERLOAD SHUTDOWN		Yes
	GROUND FAULT SHUTDOWN	Yes. Only for the GFCI protected dual NEMAS-20R receptacles	
	OVER TEMPERATURE SHUTDOWN		Yes
COOLING	REVERSE POLARITY ON DC INPUT SIDE	Yes. Internal fuses will blow	
	FORCED AIR COOLING	2 fans. Will switch on / off at specified values of load / temperature of internal hot spot	
COMPLIANCE	SAFETY	Meets UL-45B	
	EMI / EMC	Meets FCC Part 15(B), Class A	
ENVIRONMENT	OPERATING TEMPERATURE RANGE	0 °C to + 40 °C	
	STORAGE TEMPERATURE RANGE	- 30 °C to 70 °C	
DIMENSIONS	(L X W X H), MM	422 x 208 x 166	
	(L X W X H), INCHES	16.6 x 8.18 x 6.53	
WEIGHT	KG	9	
	LBS	19.8	

Anexo D.- Costo total de Alumbrado Proyectado Oficinas técnicas

Descripcion	Cantidad	Precio	importe
LUMARIA MAGG, MODELO: NEEDLEDS, 60.5X60.5 CON 3 TUBOS LED DE 9W, EMPOTRADA EN PLAFON	49	\$2,273.92	\$111,422.08
LAMPARA LED MARCA HAVELLS, BULBO TIPO VELA, 6W, BASE E26, K=2700	32	\$135.34	\$4,330.88
Total Del Importe			\$115,752.96
			IVA INCLUIDO

Anexo E- Costo total de Alumbrado Proyectado Oficinas Administrativas

Descripcion	Cantidad	Precio	importe
LUMARIA MAGG, MODELO: NEEDLEDS, 60.5X60.5 CON 3 TUBOS LED DE 9W, EMPOTRADA EN PLAFON	55	\$2,273.92	\$125,065.60
LAMPARA LED MARCA HAVELLS, BULBO TIPO VELA, 6W, BASE E26, K=2700	50	\$135.34	\$6,767.00
Total Del Importe			\$131,832.60
			IVA INCLUIDO

Anexo F.- Costo total de Sistema Fotovoltaico Oficinas técnicas.

Descripción	Cantidad	Precio	Importe
Panel.Solar.250w.Policristalino.S60Pc-250.	20	\$6,698.20	\$133,964.00
Bateria.Trojan.DC-500ML.400AH	40	\$4,248.50	\$169,940.00
Conectores tipo MC4 (H Y M)	10	\$21.49	\$214.90
Cable Fotovoltaico Cal. 10 - Rollo de 100 MTS.	1	\$2,889.00	\$2,889.00
Inversor.Samlex.Pure.Sine.Wane.2000W.SA-2000K 120V-60HZ	1	\$10,328.33	\$10,328.33
Total del Dimensionado			\$317,336.23
			IVA Incluido

Anexo G.- Costo total de Sistema Fotovoltaico Oficinas Administrativas.

Descripción	Cantidad	Precio	Importe
Panel.Solar.250w.Policristalino.S60Pc-250.	20	\$6,698.20	\$133,964.00
Bateria.Trojan.DC-500ML.400AH	40	\$4,248.50	\$169,940.00
Conectores tipo MC4 (H Y M)	10	\$21.49	\$214.90
Cable Fotovoltaico Cal. 10 - Rollo de 100 MTS.	1	\$2,889.00	\$2,889.00
Inversor.Samlex.Pure.Sine.Wane.2000W.SA-2000K 120V-60HZ	1	\$10,328.33	\$10,328.33
Total del Dimensionado			\$317,336.23
			IVA Incluido