



# **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ**

## **PROYECTO:**

**Diseño y Ejecución para la Instalación de Paneles Solares del Edificio de Sub transmisión para el Sistema de Alumbrado y climas.**

## **Asesor externo:**

**Ing. Cervantes Meza Luis Antonio**

## **Asesor interno:**

**Ing. Díaz Hernández Jorge**

## **Nombre del residente:**

**Lope Noriega Dulce Maria**

**No. Control: 10270131**

## **Nombre de la empresa:**

**Comisión Federal de Electricidad Subestaciones**

**Enero de 2016**

## Indice

|  |    |
|--|----|
| 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 Calidad de Iluminación                                       | 10 |
| 2.4 Clasificación De Las Fuentes Luminosas                       | 11 |
| 2.5 Características generales de las fuentes luminosas           | 19 |
| 2.6 Energía Solar Fotovoltaica                                   | 21 |
| 3. Procedimiento Y Descripción De Las Actividades Realizadas     | 25 |
| 3.1 Levantamiento Físico Del Alumbrado De Las Oficinas           | 25 |
| 3.2 Cálculo De Carga Instalada En Alumbrado De Las Oficinas      | 30 |
| 3.3 Medición Del Nivel De Iluminación De Las Oficinas            | 32 |
| 3.4 Análisis De Los Equipos De Iluminación Del Sistema Actual    | 34 |
| 3.5 Método De Los Lúmenes  | 35 |
| 3.6 Datos de la luminaria a instalar                             | 39 |
| 3.7 Cálculos Del Número De Luminarias En Las Oficinas            | 40 |
| 3.8 Cálculo De La Carga Del Alumbrado Con la Luminaria Propuesta | 40 |
| 3.9 Comparación De Ahorro De Energía Del Alumbrado               | 51 |
| 3.10 Sistema Fotovoltaico Para El Alumbrado De Las Oficinas      | 52 |
| 3.11 Análisis de Costos Y Retorno De La Inversión                | 62 |
| 4. Resultados y Conclusiones                                     | 68 |
| Referencias Bibliográficas                                       | 71 |
| Anexos   | 72 |

# 1. Introducción

## 1.1 Antecedentes

La energía solar es un emblema de las energías renovables que ha protagonizado en los últimos años una progresión debido a las mejoras de la tecnología, asociada a la reducción de costes y principalmente gracias al interés mostrado por las diferentes administraciones en distintos países, en forma de ayudas y subvenciones.

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 CO<sub>2</sub>, 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.

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).

La CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía) es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, que fue creada a través de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, Promueve el óptimo aprovechamiento sustentable de la energía, mediante la adopción de medidas y de mejores prácticas para el uso eficiente de la energía en los diferentes sectores de la economía y la población.

Lo que aquí se presenta como proyecto es contribuir al ahorro de energía implementando medidas de eficiencia energética en la iluminación y abastecido mediante 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 la problemática ambiental que produce la generación de la energía y que su demanda es cada vez mayor.

Extendiendo el convencimiento de que, todo ahorro y eficiencia energética, 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.

En CFE, las medidas de ahorro y eficiencia son un camino que muestra que esta abierto a las nuevas tecnologías para la generación de energía, 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 mayor generación y en el beneficio de la sociedad y el medio ambiente a nivel global [9].

### **1.3 Justificación**

Vale la pena hacer el presente proyecto porque con él se obtendrán mejoras en la iluminación mediante el reemplazo de luminarias con mayor eficiencia, 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 (SO<sub>2</sub>) de 7 a 5% y el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 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 en 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 opta 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.- Disminuye el consumo de electricidad en el lugar de trabajo y por ello genera una concientización del personal 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 reduce el impacto ambiental reduciendo los contaminantes. Tercero.- Permite postergar el agotamiento de los recursos energéticos fósiles. Cuarto.- Ahorro económico sobre el consumo.

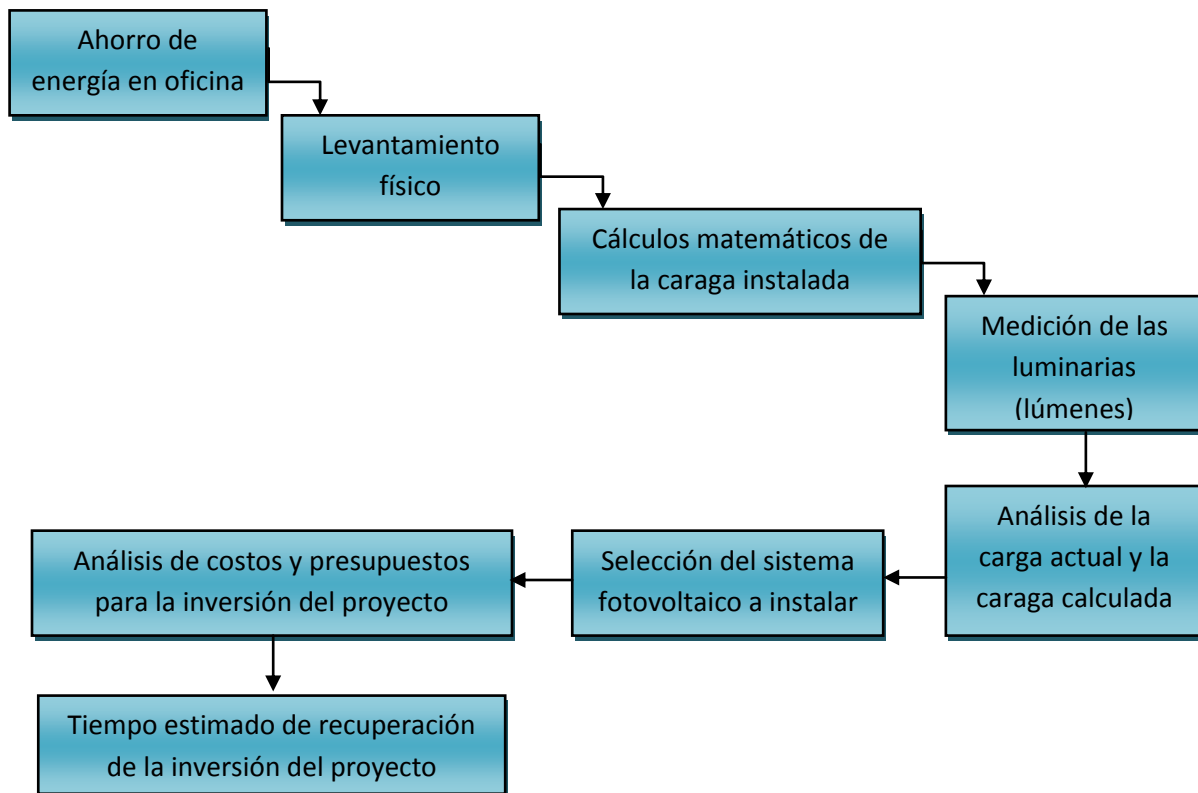
## 1.4 Objetivo General

Implementar el ahorro de energía en el alumbrado, climas y de mas equipo de trabajo actual de las oficinas mediante el reemplazo de las luminarias, 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 y pasillos, Ahorro de energía en el alumbrado de exteriores, Mayor eficiencia de luminarias en cuanto al tiempo de vida útil y eficacia, reducción de 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 y económica en el ahorro de energía del sistema de alumbrado así como una iluminación eficiente, basado 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 la fuente de energía renovable fotovoltaica.

Limitaciones.-La decisión de la implementación del proyecto desarrollado, queda a discreción y criterio 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-costo-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].

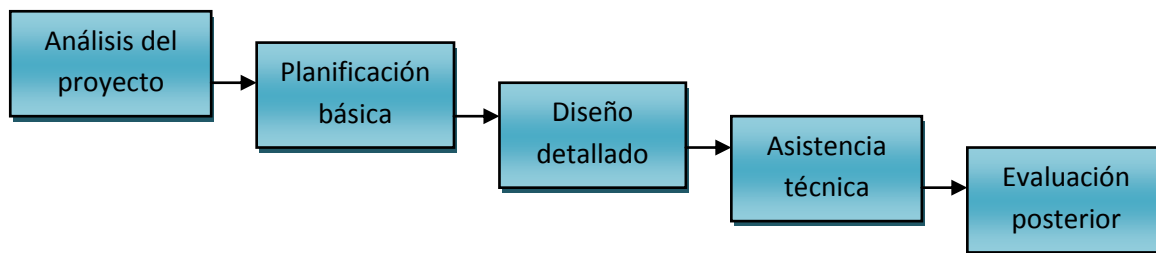
## 2.2 Iluminación Eficiente

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.

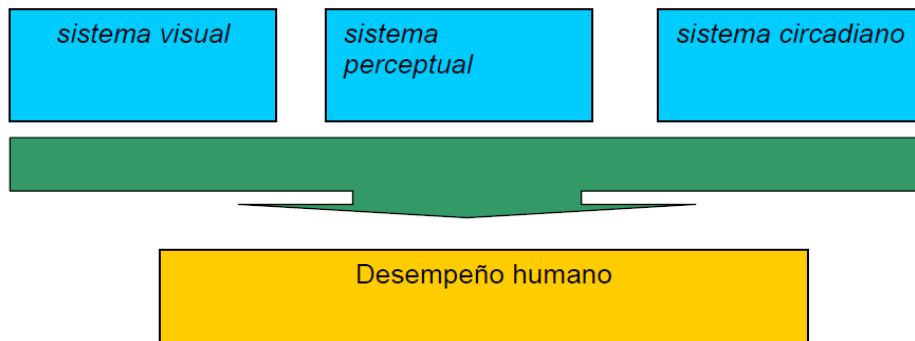
Programas de iluminación eficiente en el mundo: Diversos factores contribuyen a que la iluminación sea uno de los primeros usos finales donde se haya comenzado a trabajar aplicando medidas de eficiencia energética. No obstante, es recomendable seguir el proceso que se emplea en otros campos del diseño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



***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 [1].

### **2.3 Calidad de Iluminación**

Una de las magnitudes que caracterizan un diseño de iluminación es la densidad de potencia instalada lo que explica la tendencia de la industria de la iluminación en aumentar la eficiencia luminosa de las lámparas y la eficiencia de las luminarias, la reducción de la potencia instalada puede ser un parámetro importante, asociado a la reducción de costos y de la polución, siempre y cuando se evite disminuir el confort, el rendimiento de la tarea y la seguridad.

Un ejemplo positivo a destacar sería el de las lámparas fluorescentes compactas en las que, junto a una mayor eficiencia luminosa, se ha logrado mejorar el índice de rendimiento de color y el tiempo de encendido. A modo de síntesis se puede decir que la consideración de la calidad de la iluminación engloba al de eficiencia energética y define un concepto más amplio de iluminación eficiente.

El amplio dominio de la investigación en iluminación se podría dividir en tres grandes campos, que si bien se solapan, los tres juegan un rol en el establecimiento de nuevas tecnologías, en la definición de los procesos de diseño y en el conocimiento de todos aquellos factores que puedan aportar al mejoramiento de la calidad de la iluminación y las tres partes importantes son el desempeño humano, la economía y la arquitectura, juntas estas tres forman una buena calidad de iluminación eficiente y viable para aplicarlas en distintas partes.



**Fig. 2.3** *Diagrama de las tres componentes que participan en la definición de calidad de iluminación.*

Estos campos son: investigación orientada al desarrollo de tecnologías en iluminación, incluyendo el aporte de la luz natural, la investigación orientada al diseño, la arquitectura, y la investigación sobre los factores humanos, incluyendo los procesos visuales y no visuales así como sus efectos. El rendimiento visual es un continuo desde la eficiencia visual umbral hasta el rendimiento en condiciones supraumbrales [1].

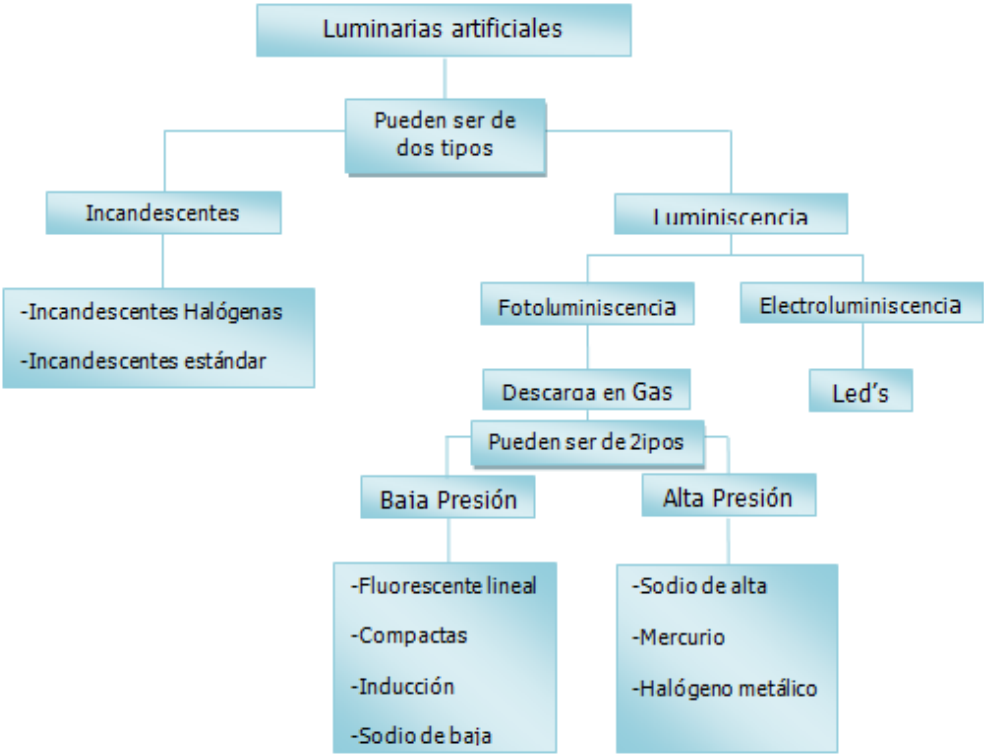
## **2.4 Clasificación De Las Fuentes Luminosas**

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 halógeno 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.



**Fig. 2.4. Clasificación de las fuentes luminosas más importantes.**

Lámparas de descarga en gas.- lámparas fluorescentes, La mayor parte de la luz artificial hoy en día se produce en lámparas fluorescentes. Sus ventajosas características, tales como la gran variedad de formas y tamaños disponibles, la flexibilidad en sus propiedades de reproducción de color, el buen desempeño en términos de conversión de potencia eléctrica en luz, la emisión de luz difusa y la comparativamente baja luminancia que presentan.

Las luminarias fluorescentes pertenecen a la categoría de lámparas de descarga en gases abaja presión. Están constituidas básicamente por un bulbo o tubo de descarga con vapor de mercurio y recubierto de polvos fluorescentes (denominados “fósforos”) en la pared interior del tubo para la conversión de radiación UV en visible, un par de electrodos sellados herméticamente en los extremos del tubo y los casquillos que proporcionan la adecuada conexión eléctrica.



*Fig. 2.5. Esquema de una lámpara fluorescente.*

Lámparas fluorescentes compactas: Las lámparas fluorescentes compactas han surgido como consecuencia del uso de fósforos activados con tierras raras y con la contribución de la electrónica, las cuales, conservando la eficacia y vida de las fluorescentes lineales, pueden competir con las lámparas incandescentes aún en el hogar. Estas lámparas fueron originalmente diseñadas para ser intercambiadas con las lámparas incandescentes de 25 a 100 W.

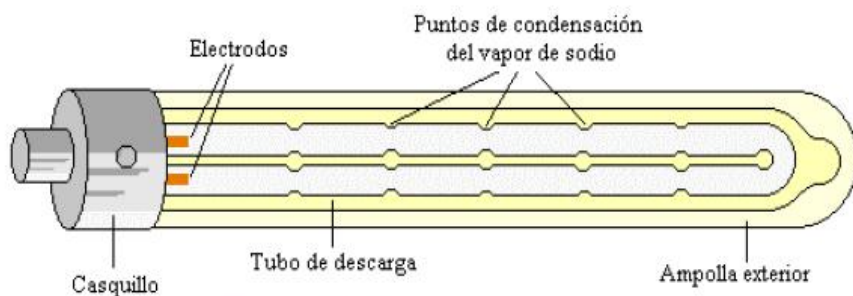
Pero ya hoy en día existen lámparas compactas de diferentes potencias, color, tamaños y formas similares a las incandescentes, incluso hasta contienen reflectores incorporados que pueden reemplazar a las fluorescentes lineales en luminarias pequeñas. En ellas se usan los tubos T-4 y T-5 de forma curvada o plegada de manera compacta y plana, o bien dos o más tubos paralelos de pequeño diámetro, interconectados entre sí y con un solo casquillo.

**Lámparas de inducción:** Las lámparas sin electrodos usan un campo electromagnético (EM) desde afuera del tubo en lugar de la aplicación de una tensión adentro para iniciar la descarga. Se clasifican de acuerdo al método usado para generar este campo electromagnético en lámparas con descarga inductiva y descarga de microondas. Las lámparas de descarga inductiva, conocidas como lámparas de inducción, se las asocia a lámparas fluorescentes sin electrodos ya que producen luz excitando.

El principio de operación (esquemático en la **Fig.2.6**) es el siguiente: Un equipo de radio frecuencia (1) envía una corriente eléctrica a la bobina de inducción (2), la cual es un alambre enrollado sobre un núcleo metálico o plástico. La corriente que pasa a través de la bobina de inducción genera un campo electromagnético. El campo electromagnético excita al gas mercurio (3) contenido dentro de una ampolla, el cual emite radiación UV.

**Lámpara de sodio de baja presión:** La (**Fig.2.7**) es similar a la de mercurio de baja presión fluorescente, pero en este caso contiene un vapor de sodio a baja presión donde se produce el arco. Para facilitar el arranque se agrega neón con una cierta proporción de argón, de modo que la lámpara puede arrancar con una tensión de pico entre 500 y 1500 V, según el tipo de lámpara.

Una vez que se ha encendido y que el gas se ha ionizado, la descarga inicial se produce en el neón, de aquí su color rojo. En operación normal, la luz producida es casi monocromática, la que consiste en una línea doble del sodio de 589,0 nm y 589,6 nm (amarillo).

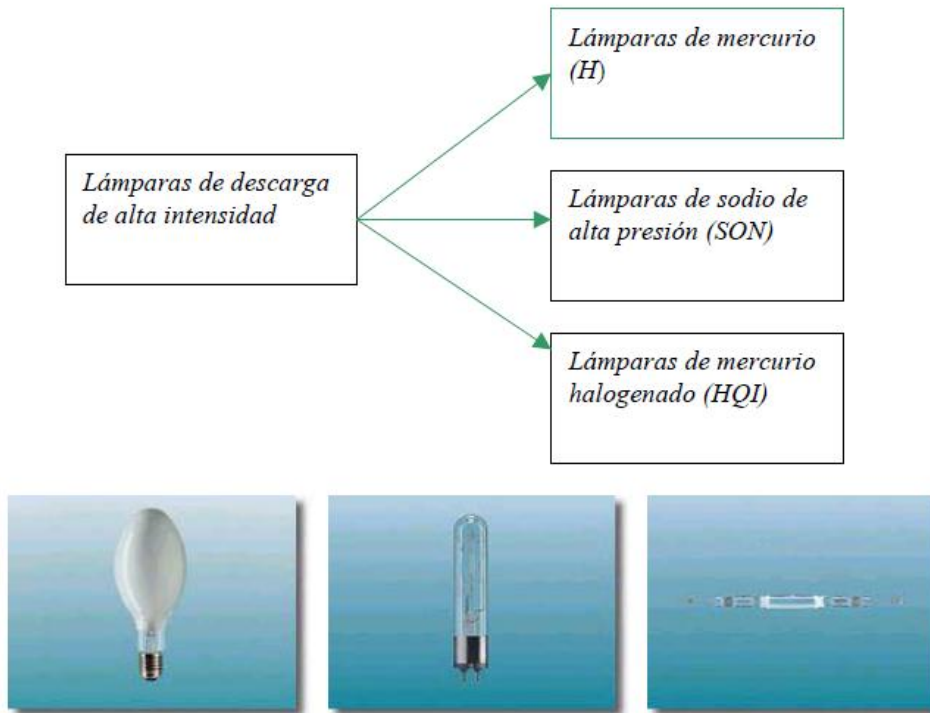


**Fig.2.6. Lámpara de sodio baja presión.**

Lámparas de descarga de alta intensidad (HID): Las lámparas de descarga de alta intensidad “HID” (**Fig.2.8**) incluyen al grupo de las conocidas lámparas de mercurio, mercurio halogenado y las de sodio de alta presión. Todas estas lámparas producen luz mediante una descarga eléctrica de arco en un bulbo interior o tubo de descarga el cual a su vez está dentro de un bulbo exterior.

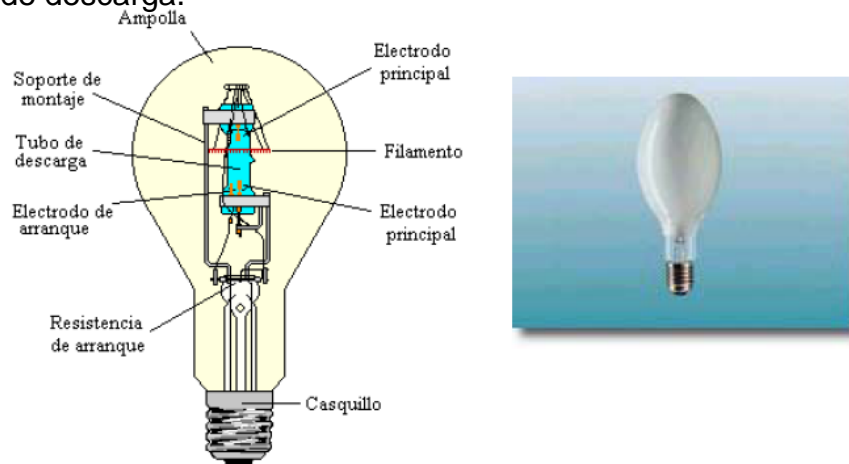
El tubo de arco contiene electrodos sellados en cada uno de los extremos y contiene un gas de encendido que es relativamente fácil de ionizar a baja presión y temperatura ambiente. Este gas de encendido es generalmente argón o xenón o una mezcla de argón, neón o xenón dependiendo del tipo de lámpara que se esté utilizando.

El tubo de arco también contiene metales o compuestos de halenuros metálicos que, cuando estos se evaporan en la descarga, producen líneas características de la energía radiante (luz), de modo que cada tipo de lámpara de descarga de alta intensidad produce una luz de acuerdo al tipo de metal contenido en el arco del bulbo.



**Fig.2.7.Lámparas de descarga de alta intensidad (HID).**

Lámparas de vapor de mercurio de alta presión: La mayoría de las lámparas de mercurio se construyen con doble envoltura: La interior o tubo de descarga: Está relleno de un gas inerte (argón) y una cantidad de mercurio. El arco inicial se establece por la ionización del argón, que es el gas auxiliar en esta lámpara. Una vez establecido este arco, el calor generado vaporiza el mercurio líquido presente en el tubo de descarga.



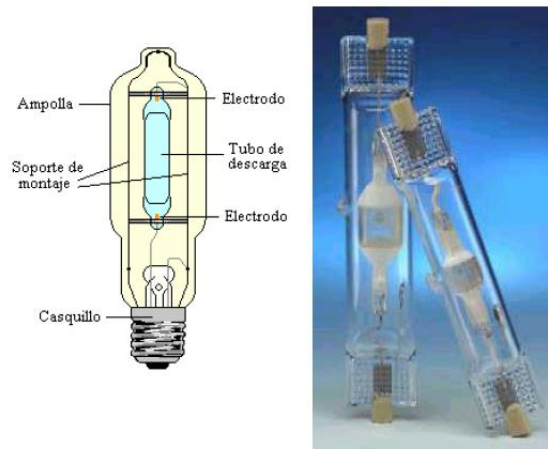
**Fig.2.8.Esquema de una lámpara de vapor de mercurio de alta presión.**



Lámpara de halogenuros metálicos: Estas lámparas contienen halogenuros metálicos de cloro e yodo, además del mercurio y una mezcla de argón para el encendido. Cuando la lámpara alcanza su temperatura de funcionamiento estos halogenuros metálicos se vaporizan parcialmente disociándose en halógenos e iones metálicos. De este modo en la lámpara se forman los siguientes elementos:

Primer.- Halogenuros metálicos no agresivos, cerca de la pared del tubo de descarga. Segundo.- iones metálicos y de halógeno en el centro de la descarga. Los iones metálicos son los que emiten radiación. Tercera.- Cuando los iones metálicos y halógenos se acercan, sea por convección o difusión, a las partes más frías del tubo se re combinan y el ciclo se repite, ciclo del halogenuro

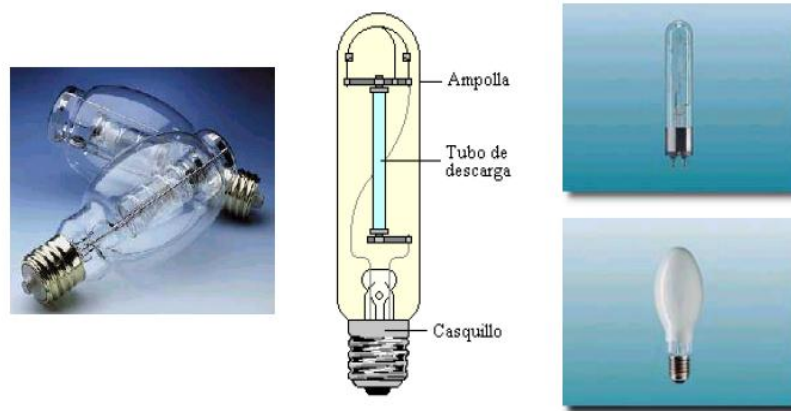
El uso de estos metales halogenuros presenta dos ventajas: Primer.- Los halogenuros metálicos son más volátiles a la temperatura de operación del tubo que los metales puros. Segunda.- Aquellos metales que reaccionan químicamente con el tubo pueden ser usados en forma de halogenuros, que de este modo no hacen.



**Fig.2.10. Esquema de una lámpara de halogenuro metálico.**

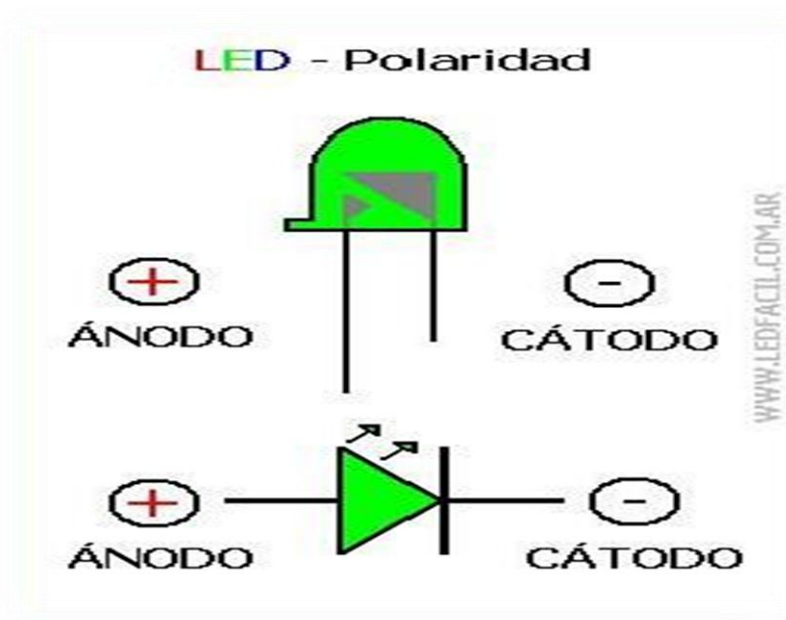
Lámpara de sodio de alta presión: En la **Fig.2.12** se muestra la construcción de este tipo de lámpara. La lámpara de sodio de alta presión radia en todo el espectro visible, en contraste con las lámparas de sodio de baja presión, que solo radia el doblete D del sodio en 589 nm. Las lámparas de sodio estándar, con una presión del sodio entre 5 a 10 kPa, poseen en general una temperatura de color entre 1900 a 2200 K y un índice de rendimiento de color de 22.

A medida que la presión del sodio aumenta por arriba de 27 kPa, la línea de radiación D (589nm) del sodio es absorbida por el gas circundante más frío y remitida como un espectro casi continuo a ambos lados de las líneas D, haciéndose éstas cada vez más débiles. Esto resulta en una región “negra” de 20 nm de ancho en la zona de 589 nm. Incrementado la presión del vapor de sodio incrementa el porcentaje de longitudes de onda larga emitidas.



**Fig.2.11. Esquema de una lámpara de vapor de sodio de alta presión. Ejemplos de la misma.**

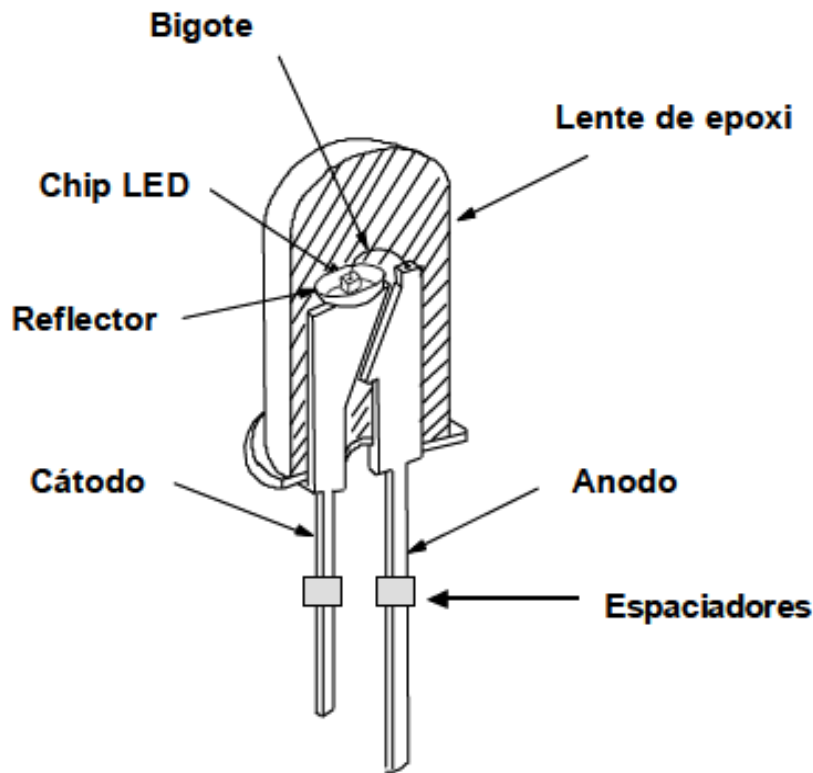
LED (Light Emitting Diode): Un LED es un componente electrónico de estado sólido que comenzó a ser producido en la década del 60. La sigla LED se debe a la expresión "light emitting diode" o, en español, diodo emisor de luz. Este tipo de semiconductores pertenece a la familia de los diodos. Los diodos 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 9.



**Fig.2.12. 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.

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.2.13. Componentes de un LED**

## 2.5 Características generales de las fuentes luminosas

Características fotométricas.- Flujo luminoso: caracteriza la cantidad de luz total emitida por una fuente luminosa en todas direcciones. La unidad con la que se mide es el lumen (lm). Iluminación: La Iluminancia (E), que deriva de la Irradiancia, se define como el flujo luminoso que incide por unidad de área de una superficie dada. Se mide en lux, (lumen/m<sup>2</sup>).

En general, cuando se mide la iluminancia sobre el plano de trabajo o Iluminancia Horizontal, se fija convencionalmente una altura de 0,85m. Cuando se necesita especificar la iluminancia sobre paredes o pantallas de video, las mediciones se hacen sobre planos verticales, lo que se conoce como Iluminancia Vertical.

Luminancia: La luminancia (L), que deriva de la radiancia, de una fuente o de una superficie, se define como la intensidad luminosa emitida, por la fuente o la superficie, en la dirección de un observador, dividida por el área de la fuente o la superficie vista por el observador, es decir por unidad de área proyectada. También se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada. Su unidad de medida es la candela por metro<sup>2</sup> (cd / m<sup>2</sup>).

Intensidad luminosa: para aplicaciones prácticas muchas veces es necesario cuantificar el flujo luminoso emitido en una dada dirección, para lo cual se define la Intensidad Luminosa (I), como el flujo emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección especificada. La unidad de medida de la intensidad luminosa es la candela, que es equivalente a un lumen/estereorradián. Esta magnitud fotométrica se usa para describir la distribución de luz proveniente de una fuente o una luminaria.

Eficacia luminosa: se define como la relación entre el flujo luminoso de una fuente de luz y la potencia suministrada a ella, expresada en lm/W. La eficacia luminosa depende de dos factores: el porcentaje de la potencia eléctrica que se transforma en radiación visible y, la distribución espectral de la radiación emitida por la fuente en relación con la curva de sensibilidad espectral del sistema visual humano.

Características colorimétricas.- La Temperatura de Color: se refiere a la apariencia o tonalidad de luz que emite la fuente luminosa. La forma en que vemos cierto ambiente depende de la tonalidad de la luz de la lámpara y expresada en K para las lámparas incandescentes, está estrechamente relacionada con la temperatura del cuerpo incandescente, ya que es una fuente que emite un espectro continuo, similar al de un cuerpo negro.

Se define como la temperatura absoluta del cuerpo negro cuya radiación tiene su misma cromaticidad. En cambio para el caso de fuentes luminosas de descarga, ya que la radiación emitida es un espectro discreto (bandas y líneas), la apariencia de color se describe en términos de la Temperatura de color correlacionada, correspondiente a la temperatura de color del cuerpo negro. La forma en que vemos cierto ambiente depende de la tonalidad de luz de la lámpara y es importante para establecer una atmósfera de confort o fresca [3].

Respecto del aspecto cromático que proporciona una fuente al iluminar un objeto, el mismo se indica por el Índice de Rendimiento de Color (IRC), a la capacidad que tiene una lámpara para reproducir fielmente los colores de los objetos. Se mide de las escala de 0 a 100, Puesto que este índice es bajo en las lámparas de descarga, por su espectro de emisión discreto, se han buscado diferentes formas de mejorar este valor.

Combinar dos fuentes con diferentes distribuciones espectrales dentro de una misma lámpara; incrementar la presión del gas en la descarga; añadir sólidos con el gas de relleno, los cuales se vaporizan con el calor generado en la descarga y emiten radiación con espectros de bandas más extensos o hasta casi continuo; depositar polvos fluorescentes sobre la capa interna del tubo de descarga.

**Características Eléctricas.-** Una de las diferencias fundamentales entre las lámparas incandescentes y las de descarga es que las primeras tienen una resistencia eléctrica positiva ley de Ohm pero con las de descarga ocurre en general lo contrario, debido a que durante la descarga cada electrón libera nuevos electrones. Precisamente la compensación de este efecto obliga al uso de balastos en el funcionamiento de estas lámparas.

**Arranque:** Cuando una lámpara de descarga está desconectada, la resistencia interna del tubo de descarga es demasiado alta como para que la lámpara arranque con la tensión nominal de la red. Las maneras de resolver este problema son: incorporación de un electrodo auxiliar.

**Periodo de encendido:** En muchas lámparas de descarga, los elementos emisores se encuentran en estado sólido o líquido cuando la lámpara está fría. En estas condiciones, la tensión de vapor es insuficiente para su encendido. Éste es el caso de las lámparas de mercurio, sodio y halogenuros metálicos. El encendido de estas lámparas se logra mediante un gas auxiliar que se caracteriza por tener una tensión de ruptura muy baja.

**Reencendido:** En algunas lámparas de descarga de alta presión, la presión del gas en el tubo de descarga es más alta cuando la lámpara está funcionando que cuando está fría o apagada. Si se la apaga, los electrones libres en la descarga desaparecen casi inmediatamente pero la presión del gas se mantiene hasta que la lámpara se enfría, proceso que puede llevar algunos minutos.

**Características Duración.- Vida:** El tiempo de vida de una lámpara depende de un sinnúmero de factores, por lo que sólo es posible estimar un valor medio de vida sobre la base de una muestra representativa. Su valor depende de la cantidad de encendidos, de la posición de funcionamiento, de la tensión de alimentación y de factores ambientales tales como temperatura y vibraciones.

Las diferentes formas de definir la vida son: Vida individual.- es el número de horas de encendido después del cual una lámpara queda inservible, bajo condiciones específicas. Vida promedio o nominal.- tiempo transcurrido hasta que falla el 50% de las lámparas de la muestra bajo condiciones específicas. Vida media.- valor medio estadístico sobre la base de una muestra.

**Vida útil o económica.-**valor basado en datos de depreciación, cambio de color, supervivencia como así también el costo de la lámpara, precio de energía que consume y costo de mantenimiento. Puede definirse como el número de horas durante el cual puede operar correctamente una lámpara hasta que se hace necesario su reemplazo.

**Depreciación del flujo luminoso:** El flujo luminoso de una lámpara corresponde al valor medido luego de 100 horas de funcionamiento. Este valor puede disminuir con el tiempo de funcionamiento como consecuencia del ennegrecimiento del bulbo: ya sea por evaporación del tungsteno en las lámparas incandescentes, en las lámparas de descarga a causa de la dispersión del material del electrodo que se deposita sobre las paredes del tubo de descarga [3].

## 2.6 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 Radiancia 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.

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. 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.2.14. 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  $1000 \text{ W/m}^2$  y la temperatura de célula de  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  (no temperatura ambiente).

La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica



**Fig.2.15. Paneles solares.**

**Los paneles fotovoltaicos** se dividen en: Cristalinas y Mono cristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos, si se observa se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada). Poli cristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.

Amorfas.-Cuando el silicio no se ha cristalizado. Su efectividad es mayor, en cuanto mayores son los cristales, pero también su peso, grosor y costo. El rendimiento de las primeras puede alcanzar el 20% mientras que el de las últimas puede no llegar al 10%, sin embargo su costo y peso es muy inferior.

**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.

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. Servicios y alumbrado público: iluminación pública mediante farolas autónomas de parques, calles, monumentos, paradas de autobuses, refugios de montaña, alumbrado de vallas publicitarias, etc.



**Fig. 2.16. 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.

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 [8].



*Fig. 2.17. 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 requeridos para tener el dato de la cantidad a abastecida actualmente.

**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 porciento (%) |               |
|--------------------------|--|---------------|
|                          | ↑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 35 watts, con difusor tipo rejilla y reflector convencional.***



***Fig.3.2 Lámpara fluorescente de 2 tubos de 35 watts, con difusor tipo rejilla y reflector convencional.***



***Fig.3.3 Lámpara fluorescente de 2 tubos de 35 watts, con difusor tipo rejilla y reflector convencional.***



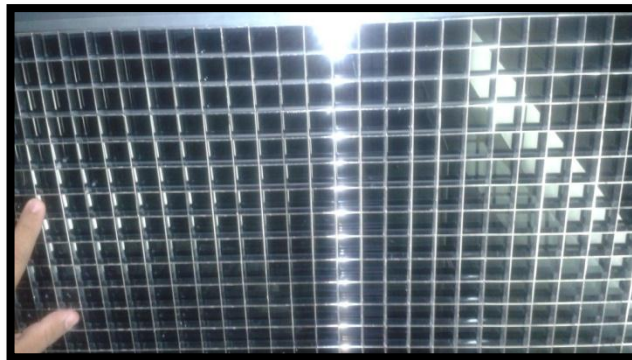
***Fig.3.4 Lámpara fluorescente de 2 tubos de 60 watts, con difusor tipo rejilla y reflector convencional.***

Características del tipo de balastro.-En las oficinas técnicas se cuentan con balastros electromagnéticos de bajo factor de potencia a 220 V.

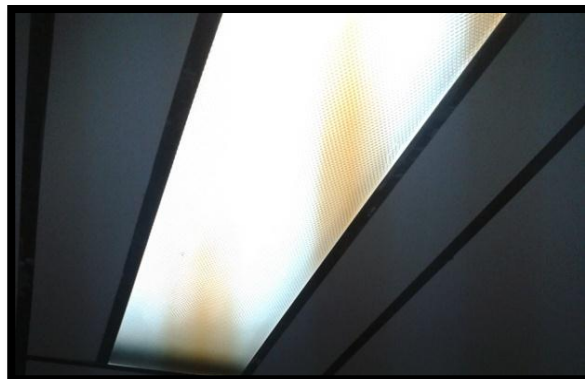


**Fig. 3.5** Balastro electromagnético de bajo factor de potencia.

**Características del tipo De Difusor.-** Las luminarias con las que cuenta las oficinas técnicas tienen difusor tipo rejilla difusora empotrar 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 injectado.



**Fig. 3.6.** Rejilla difusora empotrar



**Fig. 3.7.** Acrílico difusor empotrar

**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 de 4 tubos de 32 watts.**

**Características del tipo de balastro.-** En las oficinas administrativas se cuentan con balastos electrónicos de alto 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 empotrada (la mayoría de ellas) y en algunas de acrílico difusor.





### 3.3 Medición Del Nivel De Iluminación De Las Oficinas

Se realiza la medición de la iluminación con ayuda de un equipo se usa 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 Whesting house el nivel de iluminación mínimo recomendado para el área de oficinas es de 700 Luxes [2].

**Medición de iluminación en las oficinas técnicas:** En las siguientes tablas se mostraran los valores obtenidos de la iluminación. Por cada área de las oficinas se realizaron 5 mediciones en diferentes puntos del área de trabajo, una medición en cada esquina y una en el centro. En el caso de las aéreas más grandes se realizaron 6 mediciones respectivamente, las cuales se ilustran en las imágenes siguientes:



Fig. 3.12 Referencias de medición para las aéreas de trabajo de las oficinas.

### 3.4 Análisis De Los Equipos De 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 manteniendo de las misma, 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 la 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 fluorescentes 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 mucho mejor ya que el nivel medido esta 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 estaba en estado amarillento.

**Sustitución del sistema actual de iluminación:** Dada las condiciones del sistema de iluminación el cual está en buenas condiciones, las estrategias para mejorar la eficiencia energética; será la de redistribuir las luminarias para mejorar la distribución fotométrica, ya que de acuerdo a las mediciones que se realizaron, el nivel de iluminación está casi en óptimas condiciones, ya que hay partes que

falta iluminación, que es a causa de no tener la distribución correcta de las luminarias y el reemplazo del balastro electromagnético por uno electrónico.

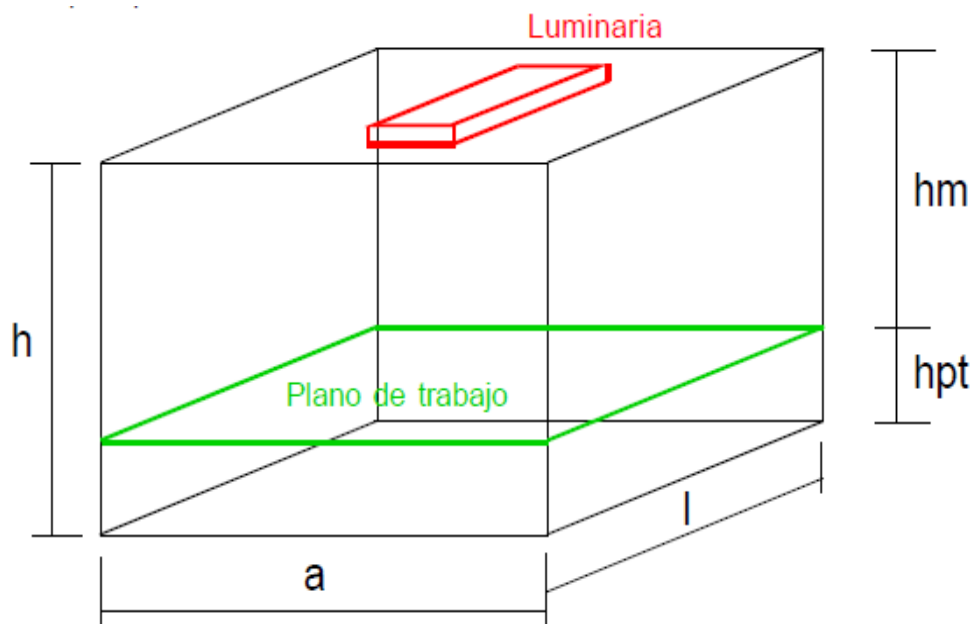
### 3.5 Método De Los Lúmenes

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.

**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 luminotecnica, 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 [5].

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).

**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 relazarán 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.

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

En donde:  $\Phi t$  = flujo luminoso que se necesita,  $Em$ = nivel de iluminación medio (en LUX),  $S$ = superficie a iluminar (en  $m^2$ ) = ( $a * l$ ),  $Cu$ = coeficiente de utilización,  $Cm$ = coeficiente de mantenimiento.

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

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

En donde:  $Nl$ = número de luminarias,  $\Phi t$  = flujo luminoso que se necesita,  $n$ = número de lámparas que tiene la luminaria,  $\Phi L$ = flujo luminoso de una lámpara.

**Comprobación del nivel de iluminancia media:**

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

**Establecer el emplazamiento de las luminarias.-** Una vez que se ha calculado el número mínimo de luminarias que se necesitan se tiene que proceder a distribuirlas sobre la planta del local, es decir, se tendrá que averiguar la distancia a la que se deben instalarlas para iluminarla uniformemente.

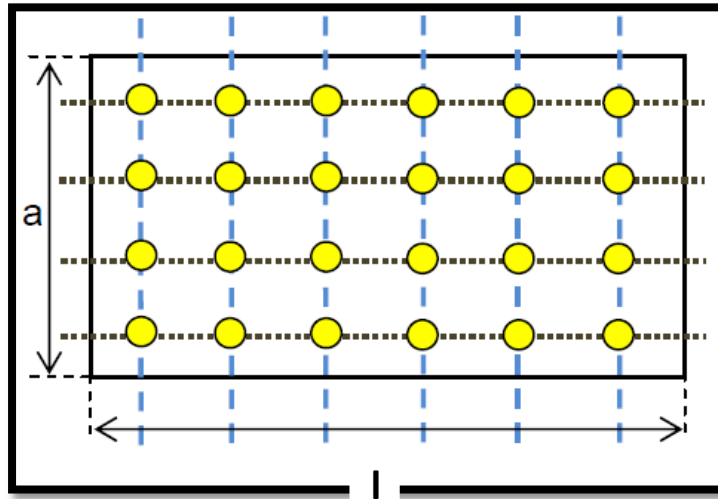
En los locales de planta rectangular, si quieres una iluminación uniforme las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas.

$$N_{ancho} = \frac{\sqrt{NL * a}}{l} \quad (3.5)$$

Número de filas de la luminarias a lo ancho (a) del local.

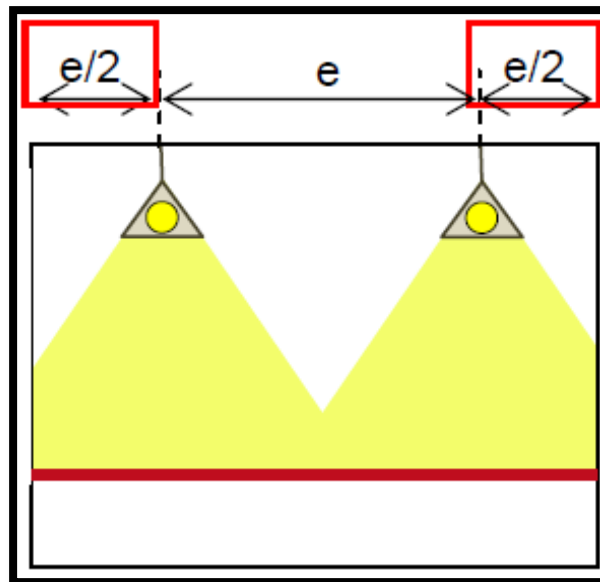
$$N_{largo} = N_{ancho} * \left(\frac{l}{a}\right) \quad (3.6)$$

Número de columnas de luminarias a lo largo (l) del local.



**Fig. 3.14. Distribución uniforme de las luminarias.**

Es importante de no olvidar que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia a la que se coloque el resto). En donde:  $e$  = separación entre luminarias. Por lo tanto La distancia entre pared-luminaria es la siguiente:  $e/2$ . Ejemplo:



**Fig. 3.15. Separación de las luminarias a las paredes.**

### 3.6 Datos de la luminaria a instalar

**Características:** Voltaje: 120-127 VAC, Color: Luz Blanca, Potencia: 30 Watts, Flujo luminoso: 2850 Lm, Temperatura de color en Kelvin (°K): 3500, Acabado: BF, Índice de rendimiento cromático (IRC): 85, Duración (horas de vida): 24,000, Diámetro en milímetros: 26, Reemplaza a la de 32 W, y es ahorradora, Base: G13. Las lámparas fluorescentes T8 de Philips se destacan por su innovación y cuidado del medio ambiente. Es un producto que contribuye a la protección del medio ambiente por su bajo consumo de energía, alta durabilidad [6].



**Fig. 3.16. Lámpara Fluorescente Tubular: Tecnología ALTO II<sup>TM</sup> de Philips.**

### 3.7 Cálculos Del Número De Luminarias En Las Oficinas

**Oficinas Técnicas.-** Área: departamento de subestaciones, protecciones y líneas de sub transmisión. Ya que estos tres departamentos son de las mismas dimensiones.

Datos de los locales:

$$a = 4.33 \text{ m}$$

$$l = 5 \text{ m}$$

$$h = 2.58$$

$$h_{pt} = .75 \text{ m,}$$

$h_m = 1.83 \text{ m}$  ( $h_m = H - h_{pt}$ ). Cálculo del índice del local (k): Aplicar la ecuación 3.1 y sustituir los valores:

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



-Cálculo del coeficiente de utilización: De acuerdo al valor de (k) obtenido en la ecuación anterior, se buscara en la Tabla 3.17y 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   |
| Indice 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 |

**Fig. 3.17. Valores seleccionados de Reflectancias.**

Por lo tanto el valor de cu esta entre el índice local 1 y 2 con valores de .85 y .73 respectivamente, para obtener un coeficiente intermedio se suman y se dividen entre dos por lo tanto  $cu = .79$  y el factor de mantenimiento  $cm = .80$  de acuerdo a la tabla 3.8 ya que las oficinas son un ambiente de trabajo limpio. Cálculo para el flujo luminoso que se necesita, aplicar la ecuación 3.2 y sustituir valores correspondientes:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (21.65)}{(.79)(.80)} = 23979.43 \text{ Lúmenes}$$

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

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{23979.43}{2 \times 2850} = 4.20 \approx 4 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

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

$$Em = \frac{4 \cdot 2 \cdot 2850 \cdot (.79) \cdot (.80)}{21.65} = 699 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Cálculo del emplazamiento de las luminarias:

$$N_{ancho} = \frac{\sqrt{NL * a}}{l} = \frac{\sqrt{4 * 4.33}}{5} = 1.86 \approx 2 \text{ filas ancho}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} * \left(\frac{l}{a}\right) = 2 * \left(\frac{5}{4.33}\right) = 2.30 \approx 2 \text{ columnas a lo largo}$$

e = separación entre luminarias a lo largo= 5m/2 columnas = 2.5m

e/2 =Distancia entre pared-luminaria a lo largo: 2.5m/2 = 1.25m

e = separación entre luminarias a lo ancho= 4.33/2 filas = 2.17 m

e/2 =Distancia entre pared-luminaria a lo ancho: 2.17m/2 = 1.085m

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= .79 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:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (24.50)}{(.79)(.80)} = 27136.07 \text{ Lúmenes}$$

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

$$NI = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{27136.07}{2 \times 2850} = 4.76 \approx 5 \text{ Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

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

$$Em = \frac{4 \cdot 2 \cdot 2850 \cdot (.79) \cdot (.80)}{24.50} = 735 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

-Cálculo del emplazamiento de las luminarias:

$$N_{ancho} = \frac{\sqrt{NL \cdot a}}{l} = \frac{\sqrt{5 \cdot 4.90}}{5} = 2.21 \approx 2 \text{ filas a lo ancho}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} * \left(\frac{l}{a}\right) = 2 * \left(\frac{5}{4.90}\right) = 2.04 \approx 2 \text{ columnas a lo largo}$$

e = separación entre luminarias a lo largo= 5m/2 columnas = 2.5m

e/2 =Distancia entre pared-luminaria a lo largo: 2.5m/2 = 1.25m

e = separación entre luminarias a lo ancho= 4.90/2 filas = 2.45 m

e/2 =Distancia entre pared-luminaria a lo ancho: 2.17m/2 = 1.22m

En este caso como son 5 luminarias, una estará centrada en el área del departamento ya que las otras cuatro se respetaran los valores obtenidos en las ecuaciones.

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= .79 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:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (23.01)}{(.79)(.80)} = 25485.75 \text{ Lúmenes}$$

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

$$NI = \frac{\phi t}{n \cdot \phi L} = \frac{25485.75}{2 \times 2850} = 4.47 \approx 4 \text{Luminarias}$$

Cálculo del emplazamiento de las luminarias:

$$N_{\text{ancho}} = \frac{\sqrt{NL * a}}{l} = \frac{\sqrt{4.47 * 3.90}}{5.90} = 1.70 \approx 2 \text{filas al ancho}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} * \left(\frac{l}{a}\right) = 1.70 * \left(\frac{5.90}{3.90}\right) = 2.47 \approx 2 \text{columnas al largo}$$

e = separación entre luminarias a lo largo= 5.90m/2 columnas = 2.95m

e/2 =Distancia entre pared-luminaria a lo largo: 2.95m/2 = 1.475m

e = separación entre luminarias a lo ancho= 3.90/2 filas = 1.95m

e/2 =Distancia entre pared-luminaria a lo ancho: 1.95m/2 = 0.975m

Área: Sala de Control Exterior.

Datos del local:

a= 7.60 m

l= 8.0 m

h = 2.28,

hpt = .75 m,

hm= 1.53 m (hm = h – hpt), Cálculo del índice del local (k): Aplicar la ecuación 3.1 sustitución de valores:

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

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= .80 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:

$$\phi t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (60.80)}{(.80)(.80)} = 66500 \text{ Lúmenes}$$

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

$$Nl = \frac{\phi t}{n \cdot \phi L} = \frac{66500}{2 \times 2850} = 11.66 \approx 8 \text{Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

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

$$Em = \frac{8 \cdot 2 \cdot 2850 \cdot (.80) \cdot (.80)}{60.80} = 720 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Cálculo del emplazamiento de las luminarias:

$$N_{\text{ancho}} = \frac{\sqrt{NL \cdot a}}{l} = \frac{\sqrt{11.6 \cdot 7.60}}{8.0} = 3.31 \approx 3 \text{ filas al ancho}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \cdot \left(\frac{l}{a}\right) = 3.31 \cdot \left(\frac{8.0}{7.60}\right) = 3.5 \approx 4 \text{ columnas al largo}$$

e = separación entre luminarias a lo largo = 8m/4 columnas = 2m  
 e/2 = Distancia entre pared-luminaria a lo largo: 2m/2 = 1m  
 e = separación entre luminarias a lo ancho = 7.60/3 filas = 2.53 m  
 e/2 = Distancia entre pared-luminaria a lo ancho: 2.53m/2 = 1.27m

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 = .79 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:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700 (31.36)}{(.79)(.80)} = 34734.17 \text{ Lúmenes}$$

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

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi L} = \frac{34734.17}{2 \times 2850} = 6.09 \approx 6 \text{Luminarias}$$

Comprobación del nivel de iluminación, aplicando la ecuación 3.4:

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

$$Em = \frac{6 \cdot 2 \cdot 2850 \cdot (.79) \cdot (.80)}{31.36} = 699.52 \geq 700 \text{ aceptable y correcto}$$

Cálculo del emplazamiento de las luminarias:

$$N_{\text{ancho}} = \frac{\sqrt{NL * a}}{l} = \frac{\sqrt{6.09 * 4.90}}{6.40} = 2.1 \approx 2 \text{filas al ancho}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} * \left(\frac{l}{a}\right) = 2.1 * \left(\frac{6.40}{4.90}\right) = 2.74 \approx 3 \text{columnas al largo}$$

e = separación entre luminarias a lo largo= 6.40m/3 columnas = 2.13m

e/2 =Distancia entre pared-luminaria a lo largo: 2.13m/2 = 0.565m

e = separación entre luminarias a lo ancho= 4.90/2 filas = 2.45m

e/2 =Distancia entre pared-luminaria a lo ancho: 2.45m/2 = 1.225m

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%.  $cu = .85$  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:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700(11.79)}{(.85)(.80)} = 12136.76 \text{ Lúmenes}$$

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

$$Nl = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{12136.76}{2 \times 2850} = 2.12 \approx 2 \text{ Luminarias}$$

Cálculo del emplazamiento de las luminarias:

$$N_{\text{ancho}} = \frac{\sqrt{NL * a}}{l} = \frac{\sqrt{2.12 * 2.65}}{4.45} = 1.12 \approx 1 \text{ filas a lo ancho}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} * \left(\frac{l}{a}\right) = 1.12 * \left(\frac{4.45}{2.65}\right) = 1.88 \approx 2 \text{ columnas a lo largo}$$

$e$  = separación entre luminarias a lo largo =  $4.45\text{m} / 2 \text{ columnas} = 2.23\text{m}$   
 $e/2$  = Distancia entre pared-luminaria a lo largo:  $2.22\text{m} / 2 = 1.11\text{m}$   
 $e$  = separación entre luminarias a lo ancho =  $2.65 / 1 \text{ filas} = 2.65\text{m}$   
 $e/2$  = Distancia entre pared-luminaria a lo ancho:  $2.65\text{m} / 2 = 1.325\text{m}$

Área: Centro de comunicaciones.

Datos del local:

$a = 2.65 \text{ m}$ ,

$l = 3.80 \text{ m}$

$h = 2.28 \text{ m}$

$h_{pt} = .75 \text{ m}$

$hm = 1.53 \text{ m}$  ( $hm = h - h_{pt}$ ).

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%.  $cu = .85$  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:

$$\phi_t = \frac{Em \cdot S}{cu \cdot cm} = \frac{700(10.07)}{(.85)(.80)} = 10366.17 \text{ Lúmenes}$$

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

$$NI = \frac{\phi_t}{n \cdot \phi_L} = \frac{10366.17}{2 \times 2850} = 1.81 \approx 2 \text{ Luminarias}$$

Cálculo del emplazamiento de las luminarias:

$$N_{\text{ancho}} = \frac{\sqrt{NL \cdot a}}{l} = \frac{\sqrt{1.88 \cdot 2.65}}{3.80} = 1.14 \approx 1 \text{ filas a lo ancho}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \cdot \left(\frac{l}{a}\right) = 1.14 \cdot \left(\frac{3.80}{2.65}\right) = 1.63 \approx 2 \text{ columnas a lo largo}$$

$e$  = separación entre luminarias a lo largo =  $3.80\text{m}/2$  columnas =  $1.90\text{m}$

$e/2$  = Distancia entre pared-luminaria a lo largo:  $1.90\text{m}/2 = 0.95\text{m}$

$e$  = separación entre luminarias a lo ancho =  $2.65/1$  filas =  $2.65\text{m}$

$e/2$  = Distancia entre pared-luminaria a lo ancho:  $2.65\text{m}/2 = 1.325\text{m}$

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  $Em = 500$  lux al realizar las ecuaciones se obtuvo lo siguiente: Baños de Producciones y Civil:  $NL = 1$ , Baños general Hombres y Mujeres:  $NL = 2$ , Pasillo:  $NL = 3$ .

$e$  = separación entre luminarias a lo largo =  $4.5/2$  columnas =  $2.25\text{m}$

$e/2$  = Distancia entre pared-luminaria a lo largo:  $2.25\text{m}/2 = 1.125\text{m}$

$e$  = separación entre luminarias a lo ancho =  $3.10/2$  filas =  $1.55\text{m}$

$e/2$  = Distancia entre pared-luminaria a lo ancho:  $2.10\text{m}/2 = 1.05\text{m}$

$e$  = separación entre luminarias a lo largo =  $4.60/3$  columnas =  $1.53\text{m}$

$e/2$  = Distancia entre pared-luminaria a lo largo:  $1.53\text{m}/2 = 0.765\text{m}$



$e = \text{separación entre luminarias a lo ancho} = 4.50/2 \text{ filas} = 2.25\text{m}$   
 $e/2 = \text{Distancia entre pared-luminaria a lo ancho: } 2.25\text{m}/2 = 1.125\text{m}$

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:  $N_L = 8$ , Emplazamiento:  
 $N_{\text{ancho}} = 2$  fila a lo ancho,  $N_{\text{largo}} = 4$  columnas a lo largo.

$e = \text{Separación entre luminarias a lo largo} = 8.0\text{m}/4 \text{ columnas} = 2\text{m}$   
 $e/2 = \text{Distancia entre pared-luminaria a lo largo: } 2\text{m}/2 = 1\text{m}$   
 $e = \text{Separación entre luminarias a lo ancho} = 4.80/2 \text{ filas} = 2.4\text{m}$   
 $e/2 = \text{Distancia entre pared-luminaria a lo ancho: } 2.10\text{m}/2 = 1.2\text{m}$

$e = \text{Separación entre luminarias a lo largo} = 5.95/3 \text{ columnas} = 1.98\text{m}$   
 $e/2 = \text{Distancia entre pared-luminaria a lo largo: } 1.98\text{m}/2 = 0.99\text{m}$   
 $e = \text{Separación entre luminarias a lo ancho} = 3.10/2 \text{ filas} = 1.55\text{m}$   
 $e/2 = \text{Distancia entre pared-luminaria a lo ancho: } 2.10\text{m}/2 = 0.775\text{m}$

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:  $N_L = 12$ , Emplazamiento:  
 $N_{\text{ancho}} = 2$  fila a lo ancho,  $N_{\text{largo}} = 6$  columnas a lo largo.

$e = \text{Separación entre luminarias a lo largo} = 15.30\text{m}/6 \text{ columnas} = 2.55\text{m}$   
 $e/2 = \text{Distancia entre pared-luminaria a lo largo: } 2.55\text{m}/2 = 1.275\text{m}$   
 $e = \text{Separación entre luminarias a lo ancho} = 3.50/2 \text{ filas} = 1.75\text{m}$   
 $e/2 = \text{Distancia entre pared-luminaria a lo ancho: } 1.75\text{m}/2 = 0.875\text{m}$

area: Archivos. 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 y administración interior:  $N_L = 1$  Archivos de administración exterior y de personal:  $N_L = 1$  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:

### 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 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 Whesting house.

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, a pesar que el número de lámparas aumenta por cada área, la demanda eléctrica por día disminuye.

| WATT TOTAL DE LOS CIRCUITOS |            |
|-----------------------------|------------|
| LUMINARIAS                  | 5145 WATT  |
| CONTACTOS                   | 21060 WATT |
| BOMBA DE AGUA               | 1492 WATT  |
| BOMBA DE AGUA               | 35318 WATT |

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

| Consumo Del Alumbrado Actual                            |              |                   |                  | Consumo Del Alumbrado Proyectado |              |                   |                  |
|---|--------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------|-------------------|------------------|
| Tipo de Lámparas  | Potencia (W) | Total de Lámparas | Potencia Total W | Tipo de Lámparas                 | Potencia (W) | Total de Lámparas | Potencia Total W |
| Fluorescente Lineal                                     | 32           | 8                 | 256              | Fluorescente lineal              | 30           | 108               | 3240             |
| Fluorescente Lineal                                     | 75           | 24                | 1800             |                                  |              |                   |                  |
| Fluorescente Lineal                                     | 60           | 2                 | 120              |                                  |              |                   |                  |
| Fluorescente Lineal                                     | 39           | 62                | 2418             |                                  |              |                   |                  |
| Alta Intensidad de Descarga                             | 175          | 7                 | 1225             | Fluorescente Compactas           | 26           | 16                | 416              |
| Potencia Real Instalada                                 |              | 103               | <b>5819</b>      | Potencia Real Proyectada         |              | 140               | <b>3656</b>      |
| Total de Ahorro = (5819 W - 3656 W) = <b>2163 Watts</b> |              |                   |                  |                                  |              |                   |                  |

### 3.10 Comparación De Ahorro De Energía Del Alumbrado

| Consumo del Alumbrado Actual                            |              |                   |                  | Consumo del Alumbrado Proyectado |              |                   |                  |
|---|--------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------|-------------------|------------------|
| Tipo de Lámparas  | Potencia (W) | Total de lámparas | Potencia Total W | Tipo de lámparas                 | Potencia (W) | Total de lámparas | Potencia Total W |
| Fluorescente Curvalume                                  | 32           | 138               | 4416             | Fluorescente Lineal              | 30           | 168               | 5040             |
| Fluorescente Compactas                                  | 13           | 116               | 1508             | Fluorescente Compactas           | 13           | 25                | 325              |
| <b>Potencia Instalada</b>                               |              | 254               | 5924             | <b>Potencia Proyectada</b>       |              | 193               | 5365             |
| Total de Ahorro= (5924 W- 5365 W) = 559/1000 = 0.559 Kw |              |                   |                  |                                  |              |                   |                  |

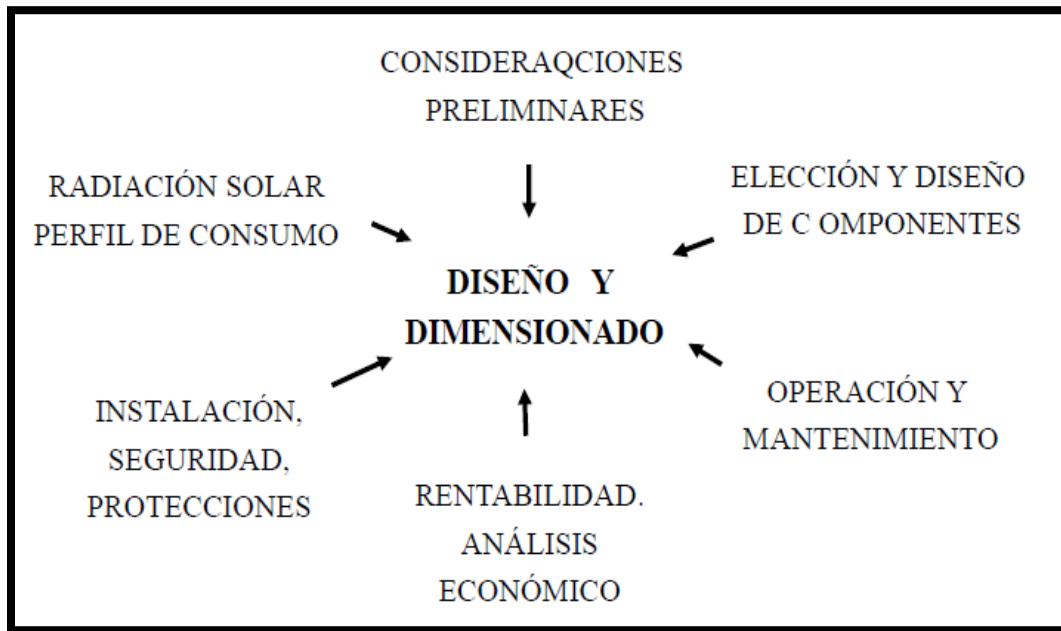
**Tabla 3.11 Ahorro en oficinas técnicas**

### 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/m<sup>2</sup>), 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, radio-enlace, 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                   |

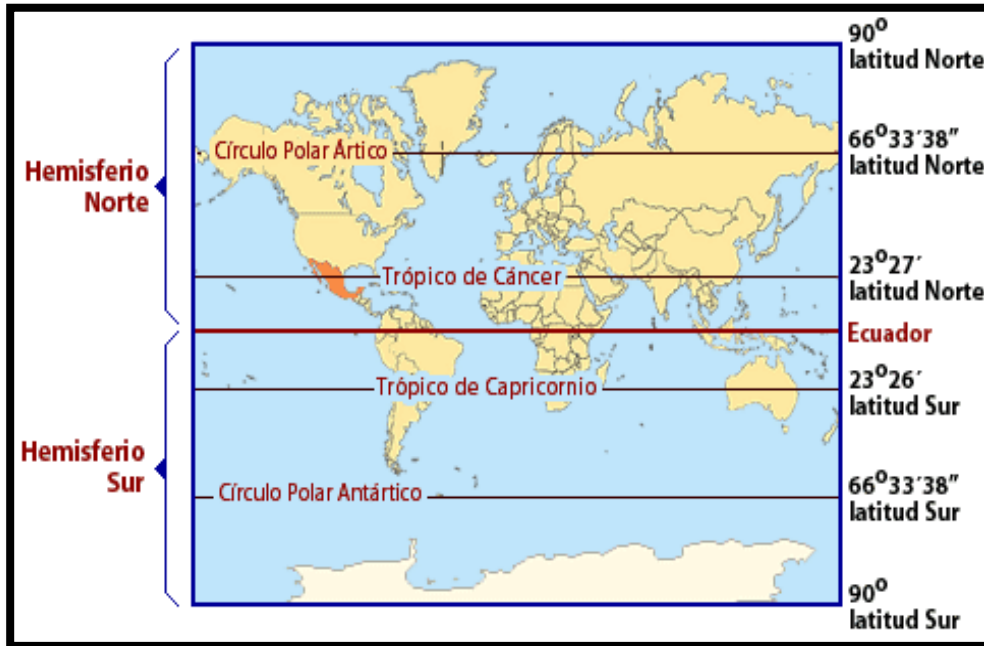
**Tabla: 3.13 Estimación del número de días de autonomía.**

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  $\alpha$  (ángulo que mide la desviación respecto al sur, en el hemisferio norte, y respecto al norte, en el hemisferio sur) y la inclinación  $\beta$  (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.



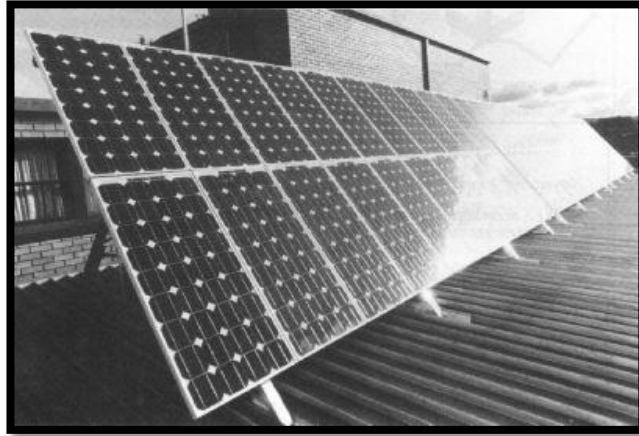
**Fig. 3.19. Hemisferio norte y sur.**

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  $\beta$  que maximice el ajuste entre la captación y la demanda de energía. Este criterio se traduce en:

Primer.-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  $\Phi$ ) incrementado en  $10^\circ$  ( $\beta = |\Phi| + 10^\circ$ ).

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  $10^\circ$  ( $\beta = |\Phi| - 10^\circ$ ). En cualquier caso, se recomienda que la inclinación del panel ( $\beta$ ), nunca sea menor que  $15^\circ$ .



**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:

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

Donde:  $\Phi$  = ángulo del valor absoluto de la latitud.  $\beta$  = 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 Tuxtla norte la siguiente: Lugar: **Latitud 16.77 / Longitud -93.101**

**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. Para e mes más favorecido es para abril con un valor de 6.15 siguiéndole el mes marzo con un valor de 5.92, mayo con 5.90, julio con 5.64, agosto 5.45, junio con un valor de 5.32, febrero con 5.01, septiembre con 4.74.

Luego el mes de octubre 4.52, noviembre con 4.50, enero con 4.33 y por ultimo diciembre con 4.28, el dimensionado del sistema fotovoltaico por el método del mes peor toma como referencia al mes peor porque al diseñarlo para que opere de manera correcta en ese mes, no habrá de que preocuparse en los demás meses, ya que este seguirá funcionando de igual manera sin ningún problema

| <b>Mes</b> | <b>Radiación Solar<br/>Kwh/m2/día.</b> |
|------------|--|
| 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.

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:



**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 Vo 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].

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

En donde:  $N_{ps}$  = Número de paneles en Serie,  $V_n$  = Voltaje nominal de sistema en cd,  $V_{p max}$  = voltaje de máxima potencia del panel.

Para calcular el número de paneles en paralelo ( $N_{pp}$ ), se divide el valor obtenido de  $I_m$  MAX 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:  $N_{pp}$  = Número de paneles en Paralelo,  $I_m MAX$  = Corriente máxima en el mes peor,  $I_p max$  = 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 | Mazo  | 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 Día Wh                                   | 42192 | 42192   | 42192 | 42192 | 42192 | 42192 | 42192 | 42192 | 42192 | 42192 | 42192 | 42192 |
| $I_{mi} = E \text{ dia} / Irra * Vn \text{ (A)}$ | 81.20 | 70.18   | 59.39 | 57.17 | 59.59 | 66.09 | 62.34 | 64.51 | 74.18 | 77.79 | 78.13 | 82.15 |
| $I_p = FS * I_{mi \text{ max A}}$                | 99.40 |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

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

-I mi = E día/Irra\*Vn: I intensidad máxima irradiada para cada mes = (Consumo al Día) / (Irradiación)\* (voltaje nominal en cd). -I<sub>p</sub> = FS\*I mi max: Intensidad de los paneles para la I<sub>m</sub>MAX= (factor de seguridad= 1.21) \* (intensidad máxima irradiada en el mes peor = 82.15)

Aplicando ecuación 3.8 se obtiene:

$$N_{pp} = \frac{I_{mMAX}}{I_{Pmax}} = \frac{99.40 \text{ A}}{8.65 \text{ A}} = 11.49 \approx 12 \text{ paneles en paralelo}$$

El número total de paneles para las oficinas técnicas aplicando ecuación 3.9 es de: Se necesitan 48 paneles con una potencia de 250 W para el consumo de una carga total de 42192 Wh.

$$N_{pt} = N_{ps} \times N_{pp} = 4 \times 12 = 48 \text{ paneles}$$

**Cálculo del número de paneles para las oficinas** : 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:

| Irradiación (kWh/m <sup>2</sup> )        | Enero         | Febrero | Marzo | Abril | Mayo  | Junio | Julio | Agos. | 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 Día Wh                           | 59192         | 59192   | 59192 | 59192 | 59192 | 59192 | 59192 | 59192 | 59192  | 59192  | 59192  | 59192  |
| I mi = E día/Irra*Vn (A)                 | 113.92        | 98.46   | 83.32 | 80.21 | 83.60 | 92.72 | 87.46 | 90.51 | 104.06 | 109.13 | 109.61 | 115.25 |
| I <sub>p</sub> = FS*I <sub>m</sub> max A | <b>139.45</b> |         |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |

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

Aplicando ecuación 3.8 tenemos:

$$N_{pp} = \frac{I_{mMAX}}{I_{Pmax}} = \frac{139.45 \text{ A}}{8.65 \text{ A}} = 16.12 \approx 17 \text{ paneles en paralelo}$$

El número total de paneles para las oficinas: aplicando la ecuación 3.9, la multiplicación de los paneles en paralelo con los en serie, se obtiene que se necesitan 68 paneles con una potencia de 250 W para el consumo de una carga total de 59192 Wh.

$$N_{pt} = N_{ps} \times N_{pp} = 4 \times 17 = 68 \text{ paneles}$$

**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.

$$CNec = Edia \times \frac{Ndauto}{Vn \times PD \times Ebat} \quad (3.10)$$

Dónde: CNec = capacidad nominal de almacenamiento del sistema, Edia = Total energía consumida al día, Nd auto = Número de días De Autonomía, Vn = Voltaje Nominal del sistema en cd, PD = Profundidad máxima de descarga de la batería, Ebat = Eficiencia de la batería. Para calcular el número de baterías en serie (Nbs), dividimos la tensión nominal de la instalación (VN) entre la tensión nominal de la batería (VNBat):

$$Nbs = \frac{Vn}{V_{NBat}} \quad (3.11)$$

En donde:

Nbs = Número de baterías en serie

Vn = Voltaje Nominal del Sistema.

V<sub>NBat</sub> = Voltaje Nominal de La Batería

Para calcular el número de baterías en paralelo (Npp) se aplica la ecuación 7 y el número total de las baterías es el producto de (Nps x Npp = Nptotal).

$$Nbp = \frac{Cnec}{AHbateria} \quad (3.12)$$

-Cálculo del número de Baterías para las Oficinas Técnicas: Aplicando la ecuación 11 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.

$$CNec = Edia \times N_{dauto} / (V_n \times PD \times E_{bat}) = 42192 \times 6 / (120 \times 0.7 \times 0.85) = 3545.54 \text{ V}$$

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 paneles en paralelo ecuación 3.12:

$$N_{bp} = C_{nec} / AH_{bateria} = 3545.54 / 450 = 7.87 \approx 8 \text{ baterias}$$

Número total de baterías  $N_{bs} \times N_{bp} = 10 \times 8 = 80$  baterías.

-Cálculo del número de Baterías para las oficinas Administrativas:

$$CNec = Edia \times \frac{N_{dauto}}{V_n \times PD \times E_{bat}} = 59192 \times \frac{6}{120 \times 0.7 \times 0.85} = 4974.11$$

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:

$$N_{bp} = \frac{C_{nec}}{AH_{bateria}} = \frac{4974.11}{450} = 11.05 \approx 11 \text{ baterias}$$

Número total de baterías:  $N_{bs} \times N_{bp} = 10 \times 11 = 110$  baterías

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

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

Donde:  $I_{\max\text{Reg}}$  = Intensidad Máxima del Regulador,  $N_{\text{pp}}$  = Número de paneles en Paralelo,  $I_{\text{pMax}}$  = Intensidad máxima de potencia del panel (Isc).

Intensidad del regulador para las oficinas técnicas:

$$I_{\max\text{Reg}} = 1.2 \times N_{\text{pp}} \times I_{\text{pMax}} = 1.2 \times 12 \times 8.65 = 124.56 \text{ A}$$

Intensidad del regulador para las oficinas Administrativas:

$$I_{\max\text{Reg}} = 1.2 \times N_{\text{pp}} \times I_{\text{pMax}} = 1.2 \times 17 \times 8.65 = 176.46 \text{ A}$$

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.

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

Dónde:

$P_{\text{INV}}$  = Potencia Nominal del Inversor

F.S = Factor de Simultaneidad,

$P_{\text{A.C}}$  = Potencia Consumida en Corriente Alterna.

El factor de simultaneidad, lo estimado es un 75% para los inversores. De acuerdo a las tablas 10 y 11, la potencia real consumida en AC para cada oficina correspondiente es de 3872 w y 6026 w.

-Potencia del inversor para las oficinas técnicas:

$$P_{\text{INV}} = F.S \times P_{\text{A.C}} = 0.75 \times 3656 = 2742 \text{ W}$$

-Potencia del inversor para las oficinas Administrativas:

$$P_{\text{INV}} = F.S \times P_{\text{A.C}} = 0.75 \times 5690 = 4267.5 \text{ W}$$

### 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 viernes. 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 9310.42 Kwh por 12 horas de operación diarias.

| Concepto            | Kw ahorrados | Horas de operación | Kwh ahorrados por día | Kwh ahorrados por año |
|---------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Consumo energía Kwh | 2.163        | 12 Hrs             | 25.508                | 9310.42               |

**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 42.192kwh por lo tanto:  $67.70 - 42.192 = 25.508$  Kwh. Enseguida se muestra el análisis de ahorros económicos proyectados a un año:

| Concepto        | Kwh ahorrados en un año | Precio promedio Kwh | Ahorro económico en un año |
|-----------------|-------------------------|---------------------|----------------------------|
| Consumo energía | 9310.42                 | \$1.68              | \$15,641.51                |

**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 Lámparas  | Potencia (W) | Total de Luminaria | Total de Lámparas | Potencia Total W | Tipo de Lámparas                 | Potencia (W) | Total de Luminaria | Total de Lámparas | Potencia Total W |
| Fluorescente Lineal   | 32           | 4                  | 8                 | 256              | Fluorescente lineal              | 30           | 54                 | 108               | 3240             |
| 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             | Fluorescente Compactas           | 26           | 16                 | 16                | 416              |
| <b>Potencia Real Instalada</b>                                |              | 55                 | 103               | <b>5819</b>      | <b>Potencia Real Proyectada</b>  |              | 70                 | 124               | <b>3656</b>      |
| Total de Ahorro = (5819 W - 3656 W) = 2163 W /1000 = 2.163 Kw |              |                    |                   |                  |                                  |              |                    |                   |                  |

**Tabla 3.22 Comparación del número de luminarias.**

Como se observar el número de luminarias proyectadas es mayor que el número de luminarias actuales en las oficinas, se reduce la demanda eléctrica, ya que actualmente las lámparas no son las más adecuadas al igual que el balastro ya que es electromagnético, y con las luminarias propuestas son más ahorradoras y más eficientes al igual que sus balastros electrónicos de alto factor de potencia. Con los cuales 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 pérdidas.

| Concepto          | Disminución de Kw |
|-------------------|-------------------|
| Demanda eléctrica | 2.163             |

**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 fórmula.

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:



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

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

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 actual | \$15.641,51 |
| Ahorro por factor de potencia Anual | \$12.283,44 |
| Ahorro Total Anual                  | \$27.924,95 |

**Tabla 3.25 Ahorro Totales Proyectados**

Determinación Del Retorno De La Inversión Proyectada: La inversión requerida para la realización de este proyecto tiene un costo total de: \$41,715.26 (ver anexo G), 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:  $R. Inv. = \$41,715.26 / \$27,924.95 = 1.49$  Lo que significa un año y cinco meses aproximadamente con lo cual se demuestra ser un proyecto muy rentable.

### Oficinas Administrativas

Primer 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 55.396Kwh por lo tanto:  $61.636 - 55.396 = 6.24\text{Kwh}$ .

| Concepto    | Kw Ahorrados | horas de operación | Kwh ahorrados por día | Kwh ahorrados por un año |
|-------------|--------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|
| Consumo Kwh | 0.559        | 12 Hrs.            | 6.24                  | 2277.6                   |

**Tabla 3.26 Energía Ahorrada al Año.**

| Concepto           | Kwh ahorrados en un año | Precio promedio Kwh | Ahorro económico en un año |
|--------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------|
| Consumo de energía | 2277,6                  | \$1,68              | \$3.826,66                 |

**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 Lámparas  | Potencia (W) | Total de luminarias | Total de lámparas | Potencia Total W | Tipo de lámparas                 | Potencia (W) | Total de luminarias | Total de lámparas | Potencia Total W |
| Fluorescente Curvalume                                  | 32           | 69                  | 138               | 4416             | Fluorescente Lineal              | 30           | 84                  | 168               | 5040             |
| Fluorescente Compactas                                  | 13           | 58                  | 116               | 1508             | Fluorescente Compactas           | 13           | 25                  | 25                | 325              |
| <b>Potencia Instalada</b>                               |              | 127                 | 254               | <b>5924</b>      | <b>Potencia Proyectada</b>       |              | 109                 | 193               | <b>5365</b>      |
| Total de Ahorro= (5924 W- 5365 W) = 559/1000 = 0.559 Kw |              |                     |                   |                  |                                  |              |                     |                   |                  |

**Tabla 3.28 Comparación de luminarias de las oficinas Administrativas.**

| Concepto          | Disminución de Kw |
|-------------------|-------------------|
| Demanda eléctrica | 0.559             |

**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:

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

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

Considerando mensualmente con el alumbrado actual es de \$3106.2, la penalización que realiza la CFE asciende a \$931.86, por lo tanto el ahorro proyectado por eliminación de penalización por bajo factor de potencia es el mostrado en la siguiente tabla.

| Concepto           | Eliminacion de Penelizacion mensual | Ahorro Economico en un Año |
|--------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Factor de Potencia | \$931,86                            | \$11.182,32                |

| Ahorro Anuales                      |             |
|-------------------------------------|-------------|
| Ahorro en consumo de energia actual | \$3.826,36  |
| Ahorro por factor de potencia Anual | \$11.182,32 |
| Ahorro Total Anual                  | \$15.008,68 |

**Tabla 3.30 Ahorro Totales Proyectados**

### Determinación Del Retorno De La Inversión Proyectada:

La inversión requerida para la realización de este proyecto tiene un costo total de: \$64,933.82 (ver anexo H).

(Retorno Inversión = Inversión Requerida / ahorro anual). Lo cual implica:  $R. Inv. = \$64,933.82 / \$15,008 = 4.32$ ; Lo que significa cuatro años y tres meses aproximadamente se recupera la inversión con lo cual se demuestra ser un proyecto rentable.

### Sistema Fotovoltaico de las Oficinas

| OFICINAS TECNICAS           |         |                            |    |               |                      |           |               |
|-----------------------------|---------|----------------------------|----|---------------|----------------------|-----------|---------------|
|                             | WATTS   | NO. DE PANELES             | KW | HORAS         | KWH                  | KWH/MENS. | KWH/ANUAL.    |
| PANEL SOLAR POLIOCRISTALINO | 250     | 48                         | 12 | 24            | 288                  | 8640      | 103680        |
| PRECIO KWH POR DIA          | \$ 1,68 | KWH AHORRADOS ANUALMENTE = |    | \$ 174.182,40 | INVERSION REQUERIDA= |           | \$ 597.552,35 |
| RETORNO DE LA INVERSION =   |         |                            |    | 3,43          |                      | AÑOS      |               |

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

La inversión inicial para el sistema fotovoltaico es: \$597,552.35 (ver anexo I). (Retorno Inversión = Inversión Requerida / ahorro anual). Retorno inversión =  $\$597,552.35 / \$174,182.40 = 3.43$  Años. Lo que significa que en tres años y cuatro 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     | 68                         | 17 | 24            | 408                  | 12240     | 146880        |
| PRECIO KWH POR DIA          | \$ 1,68 | KWH AHORRADOS ANUALMENTE = |    | \$ 246.758,40 | INVERSION REQUERIDA= |           | \$ 849.830,00 |
| RETORNO DE LA INVERSION =   |         |                            |    | 3,44          |                      | AÑOS      |               |

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

La inversión inicial para el sistema fotovoltaico es: \$849,830.00 (ver anexo J). (Retorno Inversión = Inversión Requerida / ahorro anual): Retorno inversión = **\$849,830.00 / \$246,758.40 = 3.44 Años**. Lo que significa que en tres años y cuatro meses aproximadamente se recupera la inversión por la tanto es rentable.

## 4. Resultados y Conclusiones

### 4.1 Resultados

Propuesta.- Se propone implementar Luminarias Lámpara Fluorescente Tubular T8 ALTOII™ Advantage marca PHILIPS de 30W a 127 VCA de luz blanca con una vida útil de 24,000 horas y un flujo luminoso de 2850 Lm, con un costo por todas las luminarias de \$41,715.26 teniendo una recuperación de la inversión en 1.49 años, siendo esta propuesta factible para las oficinas técnicas.

Mientras que para las oficinas administrativas es con un costo de \$64,933.82 teniendo una recuperación de la inversión de 4.32 años lo cual viene siendo una propuesta factible de igual manera por la cual se ahorrará costos de mantenimiento, ahorro en energía

El alumbrado actual de las oficinas administrativas es eficiente con las lámparas actuales y el nivel de iluminación esta por el nivel recomendado de 700 lux, solo para algunos departamentos hace falta luminarias por instalar, de acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla No.3.5, lo cual es necesario porque el nivel medido de iluminación es muy bajo.

| OFICINA:                                     | TECNICAS   | ADMINISTRATIVAS |
|--|------------|-----------------|
| NUMERO DE LAMPARAS                           | 124        | 218             |
| NUMERO DE LUMINARIAS                         | 70         | 109             |
| INVERSION REQUERIDA                          | \$41715.26 | \$64933.82      |
| GASTO DE ENERGIA ANUAL EN EL SISTEMA ACTUAL: | \$41513.64 | \$37795.19      |
| AHORRO DE ENERGIA ANUAL:                     | \$27924.95 | \$15008.68      |
| TIEMPO DE LA RECUPERACION DE LA INVERSION    | 1.49       | 4.32            |
| FACTIBLE:                                    | SI         | SI              |

| SISTEMA FOTOVOLTAICO PROYECTADO |              |                 |
|---------------------------------|--------------|-----------------|
| OFICINA                         | TECNICAS     | ADMINISTRATIVAS |
| INVERSION REQUERIDA             | \$597,552.35 | \$849,830.00    |
| AHORRO ANUAL                    | \$174182.40  | \$246758.40     |
| TIEMPO DE RECUPERACION          | 3.43 Años    | 3.44 Años       |
| 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 igual los balastos convencionales por los electrónicos, al mismo tiempo el homogenizar las luminarias de las oficinas técnicas para reducir costos de mantenimiento.

Ya que lámparas actuales las cuales son fluorescentes de 39, 75, 60 w con bulbo T-12 actualmente ya son obsoletas y sumamente ineficientes además que el balastro que tienen son electromagnético en el cual hay pérdidas 40% por bajo factor de potencia. Por lo cual la propuesta de sustituirlas por fluorescentes ahorradoras T8 de 30 W y balastos electrónicos de alto factor de potencias es muy viable, en tanto el ahorro de energía y la buena iluminación que se obtiene para el personal de las oficinas técnicas.

Al implementar la propuesta de luminarias hay un ahorro significativo. Observando la reducción del consumo de energía está claro que es una opción mucho más viable económicamente. Al igual redistribuir las luminarias de acuerdo a los cálculos de emplazamiento que se realizaron para cada departamento de las oficinas técnicas.

Para las oficinas administrativas las luminarias son eficientes pero sus balastos son electromagnéticos, aun así la sustitución de las luminarias por las propuestas con balastro electrónico es factible, además de instalar las luminarias que hacen falta en algunos departamentos,(ver cálculos realizados y obtenidos en la tabla no. 9); para mejorar la iluminación y confort visual.

Cambiar los difusores tipo acrílicos amarillentos que tienen varias luminarias y reemplazarlos por rejilla difusora propuesta para una mejor distribución fotométrica. Al igual hay que considerar una redistribución para mejorar aun más la iluminación y el personal que labora no tenga que hacer esfuerzos por la poca iluminación que con el tiempo dañan la vista.

La implementación del sistema fotovoltaico ayuda a favorecer la reducción de CO<sub>2</sub> que aportará un beneficio al medio ambiental 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 CO<sub>2</sub> en el medio ambiente. Para demostrar la viabilidad con respecto al impacto ambiental que tienen se demuestra lo siguiente:

| Energía Kwh<br>anualmente                | CO2<br>g/Kwh | CO2<br>Kg/Kwh | Emisiones de<br>CO2 (Kg) | Emisiones de<br>CO2 (lb) | Emisiones de<br>CO2 (Tn) |
|--|--------------|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Oficinas técnicas<br>15,400.08           | 454.9830     | .45549830     | 7006.77                  | 15447.12                 | 1.324168                 |
| Oficinas<br>Administrativas<br>22,497.14 | 454.9830     | .45549830     | 1023.81                  | 2257.09                  | 1.934405                 |

**Tabla 4.2** Emisiones de CO2 al medio ambiente por las oficinas.

Como se puede apreciar todas esas emisiones de CO2 se estaría 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 producen 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 la 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, esto con el objeto de tomar conciencia social respecto a los retos y los problemas ambientales que es cada vez mayor.



## Referencias

- [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/Illum/indice0.html>. Octubre, 2011.
- [4] [http://cipriangarciamarqueziluminacion.bligoo.cl/media/users/19/955309/files/327144/calculo\\_metod\\_lumenes.pdf](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%93>
- [6] <http://www.lighting.philips.com.mx/connect/fichast.wpd>
- [7] [http://www.it46.se/courses/solar/materials/es/IT46\\_es\\_energia\\_solar\\_introduccion.pdf](http://www.it46.se/courses/solar/materials/es/IT46_es_energia_solar_introduccion.pdf)
- [8] [http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234263307\\_GuiaFotovoltaicaGobCan.pdf](http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234263307_GuiaFotovoltaicaGobCan.pdf)
- [9] <http://www.conuee.gob.mx>
- [10] <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>
- [11] [http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/normas\\_y\\_nmx](http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/normas_y_nmx)

## Anexo A.-Panel Propuesto: Ficha Técnica Del Panel

| POLYCRYSTALLINE  |  |
|--|--|
| <br>Energía Renovable | <br><b>250W SOLAR PANEL</b><br><small>EXCEPTIONAL EFFICIENCY AND PERFORMANCE /<br/>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   |
| <b>MODELO</b>  | <b>S60PC-250</b>   |
| 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  | <b>250 W</b> 184.5 W   |

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



|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Marca                              | TROJAN          |
| Tipo / modelo                      | <b>DC-500ML</b> |
| Tamaño de grupo BCI                | N/A             |
| <b>capacidad en Minutos</b>        |                 |
| @25 Amps                           | 1050            |
| @56 Amps                           | -               |
| @75 Amps                           | 272             |
| <b>Capacidad en Amp-Hours (AH)</b> |                 |
| 5 Hr                               | 361             |
| 20-Hr                              | 450             |
| 100-Hr                             | 500             |
| <b>KILOWATT (kWh)</b>              |                 |
| 100-Hr                             | 6.00            |
| Tipo de terminal                   | 5,8             |
| <b>Dimensiones pulgadas(mm)</b>    |                 |
| 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 técnicas:**



**Marca:** Xantrex™ Trace Series Inverter/Charger

Especificaciones:

|  |  |
|--|--|
| <b>Modelo</b><br>Model   | <b>TR3624-120-60</b>                             |
| Forma de onda<br>Waveform  | Onda sinusoidal modificada<br>Modified sine wave |
| <b>Potencia de salida continua</b><br>Continuous output power                            | 3600 VA  |
| <b>Tensión de salida de CA</b><br>AC output voltage (rms)                                | 120 Vac  |
| <b>Frecuencia de salida AC</b><br>AC output frequency                                    | 60 Hz  |
| <b>corriente de salida nominal AC</b><br>Rated AC output current                         | 30 A ac  |
| <b>Sobrecarga 10 seg</b><br>Overload 10 sec rating                                       | 7200 VA  |
| <b>corriente de entrada sin carga en DC</b><br>DC input current at no load - search mode | 0.20 Amps  |
| <b>Eficiencia – pico</b><br>Efficiency – peak  | >94 %  |
| <b>Corto Circuito 10 seg</b><br>Short Circuit 10 sec rating                              | 120±12 Apk                                       |

**Anexo D.-Inversor propuesto Para las oficinas administrativas:**

**MARCA:** Xantrex™ XW Series Hybrid Inverter/Charger

Especificaciones Eléctricas:

|   |  |
|---|--|
| <b>Modelo</b><br>Model  | <b>XW4548-120/240-60</b>                     |
| <b>Potencia de salida continua</b><br>Continuous output power       | 4500 W                                       |
| <b>Indice de aumento (10 segundos)</b><br>Surge rating (10 seconds) | 9000 W                                       |
| <b>corriente de sobretensión</b><br>Surge current                   | L-L: 52.5 Arms (7 sec) L-N: 70 Arms (20 sec) |
| <b>Forma de onda</b><br>Waveform                                    | True sine wave<br>Onda senoidal pura         |
| <b>Carga baja eficiencia</b><br>Low-load efficiency                 | 95%  |
| <b>Consumo</b><br>Idle consumption - search mode                    | < 8 W  |
| <b>Conexiones en AC</b><br>AC connections                           | AC1 (Red), AC2 (Generador)                   |
| <b>Voltaje en AC</b><br>AC voltaje                                  | 120/240 Vac split-phase                      |
| <b>Interruptor de entrada de CA</b><br>AC input breaker             | 60 A de dos polos                            |

Anexo E.- Plano arquitectónico y distribución de las oficinas a escala (1:100)





**Anexo F.- Costo total de Alumbrado Proyectado Oficinas técnicas**

| Descripción   | Cantidad | Precio Uni. | Importe                           |
|---|----------|-------------|-----------------------------------|
| LAMPARA.FLUO.30watts.F48T8/ALTOII™<br>PHILIPS               | 108      | \$66.92     | \$7227.36                         |
| GABITE.TIPO.EMPOTRAR.BISEL.<br>2X30W,2X32W                  | 54       | \$220.51    | \$11907.54                        |
| BALASTRO.ELECTRONICO.2X30W EI0-<br>230/232-SC T-8 127 VOLTS | 54       | \$97.04     | \$5240.16                         |
| BASES G13 (JUEGO)   | 216      | \$7.62      | \$822.96                          |
| REJILLA CROMADA 61X1.22 ½" 957-2448                         | 54       | \$190.1     | \$10265.4                         |
| LAMPARA.FLOU.PLC.26W.4PIN.ENT.G24Q-<br>1 PHILIPS            | 16       | \$20.24     | \$323.84                          |
| BASE.26WATTS.COOLUX.REGENT                                  | 16       | \$287.05    | \$4592.8                          |
| BALASTRO.ELECTR.1X26W.127V.MAGG                             | 16       | \$83.45     | \$1335.2                          |
| <b>TOTAL DEL ALUMBRADO</b>                                  |          |             | <b>\$41715.26</b><br>IVA Incluido |

**Anexo G.- Costo total de Sistema Fotovoltaico Oficinas técnicas.**

| Descripción   | Cantidad | Precio     | Importe                             |
|---|----------|------------|-------------------------------------|
| Panel.solar.250w.policristalino.S60Pc-250.            | 48       | \$7,000    | \$336,000                           |
| Batería.trojan.DC-500ML.400AH                         | 80       | \$3,100    | \$248,000                           |
| Inversor.Xantrex.Trace.Series3600W.TR3624-<br>120-60. | 1        | \$13552.35 | \$13,552.35                         |
| <b>Total del dimensionado</b>                         |          |            | <b>\$597,552.35</b><br>IVA Incluido |