

## **UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI**

**PROYECTO DE INVESTIGACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE:**

**INGENIERO ELÉCTRICO**

### **Tema:**

Estudio de factibilidad de energía solar fotovoltaica con iluminación led en  
un edificio residencial en la ciudad de Manta.

### **Autor:**

Carrillo Vera David Alfredo

**Facultad de Ingeniería**

**Carrera de Ingeniería Eléctrica**

MANTA – MANABI – ECUADOR

2016

## **Certificación del tutor**

Ingeniero Juan Cedeño, docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en calidad de Tutor del Trabajo de Titulación.

### **CERTIFICO:**

Que el presente Trabajo de Titulación denominado **“Estudio de factibilidad de energía solar fotovoltaica con iluminación led en un edificio residencial en la ciudad de Manta”**, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, se encuentra listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en este trabajo de titulación son fruto del trabajo y perseverancia de su autor: David Alfredo Carrillo Vera, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Manta, Octubre de 2016

Ing. Juan Cedeño

**Director de tesis**

## **Aprobación del trabajo**

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“Estudio de factibilidad de energía solar fotovoltaica con iluminación led en un edificio residencial en la ciudad de Manta”** elaborado por el egresado: David Alfredo Carrillo Vera, de la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

Manta, octubre de 2016

Ing. Darío Páez Cornejo

**Decano**

Ing. Juan Cedeño

**Tutor de tesis**

**Miembro del tribunal**

**Miembro del tribunal**

**Secretaría**

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por el conocimiento, inteligencia y vida que me ha dado, asimismo les agradezco a mis padres por su paciencia y ayuda durante toda mi vida estudiantil, ya que ellos han sido los motores en mi vida que siempre me han impulsado para avanzar y superar cualquier obstáculo.

Mis sinceros agradecimientos a todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica ya que gracias a sus enseñanzas, cada día en mis estudios universitarios pude adquirir nuevos conocimientos que me serán de gran utilidad en mi vida profesional.

Y por último pero no menos importante un agradecimiento especial al ingeniero Juan Cedeño, ya que con sus recomendaciones puede finalizar con éxito este trabajo de investigación.

**David Alfredo Carrillo Vera**

## **Dedicatoria**

A mi familia, especialmente a mis padres ya que gracias a su ejemplo y apoyo incondicional he culminado esta etapa de mi vida.

A todos los profesores, compañeros y amigos que forman parte de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

**David Alfredo Carrillo Vera**

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>1 Generalidades.....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción.....	1
1.2 El problema.....	1
1.3 Formulación del problema.....	2
1.4 Justificación.....	2
1.5 Objeto.....	2
1.6 Campo.....	3
1.7 Variables.....	3
1.8 Hipótesis.....	3
1.9 Objetivos.....	3
1.9.1 Objetivo general.....	3
1.9.2 Objetivos específicos.....	3
1.10 Metodología.....	4
1.10.1 Método teórico.....	4
1.10.2 Método empírico.....	4
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Energía solar fotovoltaica e iluminación led.....</b>	<b>5</b>
2.1 Introducción a las energías renovables en el Ecuador.....	5
2.2 Radiación solar.....	7
2.2.1 Radiación solar en Ecuador.....	8
2.3 Energía solar fotovoltaica.....	10
2.3.1 Fundamentos de la energía solar fotovoltaica.....	10
2.3.2 Funciones elementales de un sistema solar fotovoltaico.....	11
2.3.3 Ventajas de la energía solar fotovoltaica.....	12

2.3.4	Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.....	12
2.3.4.1	Sistemas Aislados o Autónomos (SFA) .....	12
2.3.4.2	Sistemas Conectados a la red eléctrica (SFCR) .....	13
2.4	Componentes de un sistema solar fotovoltaico autónomo (SFA) .....	13
2.4.1	Célula solar.....	13
2.4.2	Módulos fotovoltaicos – paneles solares.....	15
2.4.2.1	Tipos de paneles solares. ....	16
2.4.2.1.1	Módulo de silicio monocristalino:.....	16
2.4.2.1.2	Módulo de silicio policristalino:.....	17
2.4.2.1.3	Módulo de silicio amorfo: .....	17
2.4.2.2	Parámetros eléctricos de un módulo fotovoltaico .....	18
2.4.3	Diodos .....	19
2.4.4	Acumulador.....	20
2.4.4.1	Tipos de baterías utilizadas en sistemas solares fotovoltaicos .....	22
2.4.4.1.1	Baterías plomo-ácido.....	23
2.4.4.1.2	Baterías tipo gel.....	24
2.4.5	El regulador o controlador de carga .....	24
2.4.6	El inversor u ondulator fotovoltaico.....	25
2.4.7	Interconexiones de paneles solares .....	26
2.4.8	Conexionado de las baterías.....	28
2.4.8.1	Conexión serie.....	28
2.4.8.2	Conexión en paralelo .....	28
2.4.8.3	Conexión serie-paralelo.....	29
2.5	Sistemas de iluminación .....	30
2.5.1	Evolución de la iluminación.....	30
2.5.2	Conceptos básicos y magnitudes fundamentales .....	31
2.5.2.1	Naturaleza de la luz .....	31

2.5.2.2	La visión del color .....	32
2.5.2.3	Temperatura de color.....	33
2.5.2.4	Índice de reproducción cromática .....	35
2.5.2.5	Flujo luminoso (lumen) .....	35
2.5.2.6	Rendimiento luminoso (lumen/vatio).....	36
2.5.2.7	Intensidad luminosa (candela).....	37
2.5.2.8	Iluminancia (lux) .....	37
2.5.2.9	Iluminación eficiente .....	37
2.5.3	Fuentes luminosas .....	38
2.5.3.1	Lámparas incandescentes .....	38
2.5.3.2	Lámparas de descarga.....	39
2.5.3.2.1	Lámparas fluorescentes tubulares.....	40
2.5.3.2.2	Lámparas fluorescentes compactas (CFLs).....	41
2.5.3.2.3	Lámparas de vapor de mercurio de alta presión .....	41
2.5.3.2.4	Lámparas de vapor de mercurio halogenado.....	42
2.5.3.2.5	Lámparas de vapor de sodio a baja presión.....	42
2.5.3.2.6	Lámparas de vapor de sodio a alta presión.....	43
2.5.3.3	Lámparas de tecnología led .....	44
2.5.3.3.1	Principio de funcionamiento de los leds.....	44
2.5.3.3.2	Generación de luz blanca.....	46
2.5.3.3.3	Disposiciones de los leds.....	47
2.5.3.3.4	Estándares de los sistemas de iluminación LED .....	48
2.5.3.3.5	Ventajas de la iluminación led .....	49
2.5.3.4	Comparación entre lámparas de tecnología convencional Vs. Lámparas de tecnología led.....	50
2.5.4	Normativa en iluminación.....	51
2.5.5	Cálculo de alumbrado - Método de los Lúmenes.....	53



<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>57</b>
<b>3 Diseño del sistema solar fotovoltaico con iluminación led .....</b>	<b>57</b>
3.1 Resultado de cálculos para determinar el número de lámparas requeridas .....	58
3.2 Energía consumida dependiendo de la cantidad y tipo de lámpara a utilizar.....	58
3.3 Ahorro energético y económico anual utilizando lámparas led .....	59
3.3.1 Gasto económico anual utilizando lámparas convencionales CFLs. ....	59
3.3.2 Gasto económico anual utilizando lámparas LED. ....	60
3.4 Análisis de costo de costo de adquisición de las lámparas analizadas. ....	61
3.5 Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico autónomo (SFA).....	63
3.5.1 Cálculo del consumo real de energía.....	64
3.5.2 Cálculo de potencia pico instantánea y el ciclo de trabajo del sistema.....	64
3.5.3 Dimensionamiento de los paneles solares.....	65
3.5.4 Dimensionamiento de las baterías.....	67
3.5.5 Dimensionamiento del controlador de carga.....	70
3.5.6 Dimensionamiento del inversor .....	71
3.6 Análisis técnico económico del sistema solar fotovoltaico .....	72
3.6.1 Costo real de la energía solar fotovoltaica y ahorro anual .....	72
3.6.2 Análisis de las emisiones de CO2 evitadas con el SFA. ....	74
 <b>CAPÍTULO 4.....</b>	 <b>76</b>
<b>4 Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>76</b>
4.1 Conclusiones.....	76
4.2 Recomendaciones .....	77
 <b>Referencias Bibliográficas .....</b>	 <b>78</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>
ANEXO 1. NÚMERO DE LÁMPARAS CONVENCIONALES CFLs REQUERIDAS EN EL EDIFICIO. ....	81

ANEXO 2. NÚMERO DE LÁMPARAS LEDS REQUERIDAS EN EL EDIFICIO...	86
ANEXO 3. ENERGÍA DIARIA CONSUMIDA POR LAS LÁMPARAS CONVENCIONALES CFLs .....	92
ANEXO 4. ENERGÍA DIARIA CONSUMIDA POR LAS LÁMPARAS LED. ....	97
ANEXO 5. FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS PROPUESTOS PARA EL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AUTONOMO .....	103
ANEXO 6. FICHAS TÉCNICAS DE LÁMPARAS LED PROPUESTAS EN EL DISEÑO .....	112
ANEXO 6. PLANOS DEL EDIFICIO .....	116

## Índice de figuras

### Capítulo 2

Figura 2.1 Estructura de la generación eléctrica en el 2014.....	5
Figura 2.2 Mapa mundial de irradiancia global horizontal .....	8
Figura 2.3 Atlas solar del Ecuador .....	9
Figura 2.4 Energía solar fotovoltaica .....	10
Figura 2.5 Célula solar de silicio.....	11
Figura 2.6 Componentes de un sistema solar fotovoltaico .....	13
Figura 2.7 La célula fotovoltaica .....	14
Figura 2.8 Funcionamiento de la celda solar .....	14
Figura 2.9 Estructura interna de una célula solar .....	15
Figura 2.10 El panel solar .....	16
Figura 2.11 Panel solar monocristalino.....	17
Figura 2.12 Panel solar policristalino.....	17
Figura 2.13 Panel solar amorfo .....	18
Figura 2.14 Efecto de la temperatura de trabajo sobre los paneles solares.....	19
Figura 2.15 Diodos bypass.....	19
Figura 2.16 Principio de un diodo antiretorno .....	20
Figura 2.17 Detalles de Construcción de una Batería Plomo-Acido .....	21
Figura 2.18 Diagrama simplificado de un acumulador plomo-ácido.....	23
Figura 2.19 Carga y descarga de la batería .....	23
Figura 2.20 Componentes de una batería tipo gel.....	24
Figura 2.21 Control de carga en serie .....	25
Figura 2.22 Esquema general de una instalación autónoma con inversor. ....	26
Figura 2.23 Conexión de módulos en serie.....	27
Figura 2.24 Conexión de módulos en paralelo.....	27
Figura 2.25 Conexión serie - paralelo .....	27
Figura 2.26 Baterías en serie .....	28
Figura 2.27 Baterías en paralelo.....	29
Figura 2.28 Conexión serie-paralelo .....	29
Figura 2.29 Espectro electromagnético.....	32
Figura 2.30 Curva $V\lambda$ y efecto Purkinje .....	33

Figura 2.31 Flujo Luminoso.....	36
Figura 2.32 Eficacia de varias fuentes de luz.....	36
Figura 2.33 Ángulo sólido.....	37
Figura 2.34 Lámpara incandescente estándar .....	38
Figura 2.35 Efecto de la luminiscencia .....	39
Figura 2.36 Constitución de una lámpara fluorescente tubular.....	40
Figura 2.37 Variación del flujo luminosa en función de la temperatura.....	41
Figura 2.38 Mini Lynx espiral alta potencia .....	41
Figura 2.39 Lámpara de vapor de mercurio de alta presión.....	42
Figura 2.40 Lámparas de vapor de mercurio halogenado .....	42
Figura 2.41 Lámparas de vapor de sodio a baja presión .....	43
Figura 2.42 Lámparas de vapor de sodio a baja presión .....	43
Figura 2.43 Estructura interna de un diodo led .....	44
Figura 2.44 Estructura de un led .....	45
Figura 2.45 Funcionamiento de un chip led.....	45
Figura 2.46 Primer método para conseguir luz blanca.....	46
Figura 2.47 Segundo método para conseguir luz blanca.....	47
Figura 2.48 Módulo COB .....	47
Figura 2.49 Módulo SMD .....	47
Figura 2.50 Disminución del flujo luminoso con el tiempo.....	48
Figura 2.51 Clasificación energética de fuentes de luz.....	48
Figura 2.52 Tabla de equivalencias de lámparas no direccionales .....	49
Figura 2.53 Tecnología convencional Vs. Tecnología led.....	51
Figura 2.54 Altura del plano del trabajo .....	54

### Capítulo 3

Figura 3.1 Características eléctricas del panel policristalino SIMAX de 300w .....	66
Figura 3.2 Batería Ultracell UCG 150-12 .....	70
Figura 3.3 Especificaciones eléctricas del controlador TriStar MPPT 60 Amp .....	71

## Índice de tablas

### Capítulo 2

Tabla 2.1 Valores de irradiancia de diferentes lugares .....	8
Tabla 2.2 Longitud de onda visible por el ojo humano.....	32
Tabla 2.3 Temperatura de color .....	34
Tabla 2.4 Apariencia del color según su temperatura .....	34
Tabla 2.5 Índice de reproducción cromática .....	35
Tabla 2.6 Iluminación requerida en oficinas.....	52
Tabla 2.7 Iluminación requerida en restaurantes y hoteles .....	52
Tabla 2.8 Coeficientes de reflexión .....	54
Tabla 2.9 Tabla para obtener el factor de utilización.....	55
Tabla 2.10 Factor de mantenimiento.....	55

### Capítulo 3

Tabla 3.1 Cantidad total de lámparas requeridas en el edificio .....	58
Tabla 3.2 Tabla comparativa de consumos diarios .....	59
Tabla 3.3 Ahorro anual de las lámparas led.....	61
Tabla 3.4 Tabla de reemplazos y costo de adquisición de las lámparas fluorescentes .....	62
Tabla 3.5 Costo de adquisición de las lámparas led.....	62
Tabla 3.6 Diferencia de gasto de adquisición entre lámparas fluorescentes y led .....	63
Tabla 3.7 Costo del SFA .....	72

## Lista de símbolos y abreviaciones

<b>Símbolo</b>	<b>Definición</b>
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>°K</b>	Grados Kelvin
<b>A</b>	Amperios
<b>Ah</b>	Amperios – hora
<b>CFL</b>	Lámpara fluorescente compacta
<b>CO</b>	Monóxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>Em</b>	Iluminancia media
<b>ERNC</b>	Energías renovables no convencionales
<b>Fm</b>	Factor de mantenimiento
<b>FV</b>	Fotovoltaico
<b>FVS</b>	Sistemas fotovoltaicos
<b>HPS</b>	Horas pico solar
<b>I</b>	Radiación solar incidente sobre superficie terrestre
<b>Id</b>	Irradiación
<b>IEC 61215</b>	Normas paneles fotovoltaicos
<b>KW-h</b>	Kilovatio hora
<b>LED</b>	Diodo emisor de luz
<b>Lm</b>	Lumen
<b>Lm/W</b>	Lumen por cada Watt
<b>Lux</b>	Medida de iluminancia
<b>P</b>	Potencia
<b>SFA</b>	Sistemas fotovoltaicos autónomos
<b>SFCR</b>	Sistemas fotovoltaicos conectados a la red
<b>SSFV</b>	Sistemas solares fotovoltaicos
<b>V</b>	Voltaje
<b>VAC</b>	Voltaje corriente alterna
<b>VDC</b>	Voltaje corriente directa
<b>V<sub>pmax</sub></b>	Voltaje máximo
<b>W</b>	Vatios
<b>W/m<sup>2</sup></b>	Vatios sobre metro cuadrado
<b>Wh/día</b>	Vatios hora sobre día
<b>Wp</b>	Vatios pico
<b>η</b>	Factor de utilización

## RESUMEN

### **Estudio de factibilidad de energía solar fotovoltaica con iluminación led en un edificio residencial en la ciudad de Manta.**

Este proyecto de investigación estuvo enfocado en establecer si en la actualidad es rentable o no utilizar la energía solar fotovoltaica para alimentar el sistema de iluminación de un edificio, ya que al utilizar energía limpia y renovable se reducirá considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, para esto se obtuvo en primer lugar el número de lámparas requeridas en el edificio utilizando el método de los lúmenes, y teniendo en cuenta el número de horas que permanecerán encendidas se determinó la potencia diaria consumida por ellas con el fin de realizar un análisis comparativo entre las lámparas convencionales CFLs y Leds; y como se verá más adelante, al utilizar leds se reduce aproximadamente el 50% de consumo energético ya que su eficacia y flujo luminoso es mucho mayor que las lámparas CFLs de la misma potencia.

Ya determinada la potencia de consumo diario se dimensionaron todos los elementos que intervienen en el sistema fotovoltaico autónomo como son: paneles solares, controladores de carga, baterías e inversores, para luego realizar el análisis técnico económico en base a los precios de los equipos que actualmente se encuentran en el mercado nacional y determinar la factibilidad del proyecto. Aparte de esto también se realizó un breve análisis de las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas tanto por las lámparas led como por las lámparas CFLs y asimismo se determinó la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> que se evitaría si se utilizara el sistema solar fotovoltaico autónomo (SFA).

**Palabras clave:** Eficacia, flujo luminoso, energía solar, efecto invernadero, consumo energético, emisiones de CO<sub>2</sub>.

## **ABSTRACT**

### **Feasibility study of photovoltaic solar energy with LED lighting in a residential building in the city of Manta.**

This research project was focused on determining whether now is profitable or not use photovoltaic solar energy to power the lighting system of a building, because by using clean, renewable energy will significantly reduce emissions of greenhouse gases to the atmosphere for this was obtained first the number of lamps required in the building using the method of the lumens, and taking into account the number of hours that remain on the daily power consumed by them in order to make a comparative analysis was determined between conventional lamps CFLs and LEDs; and as will be seen below, when using LEDs approximately 50% of energy consumption is reduced as efficacy and luminous flux is much higher than the CFLs of the same wattage lamps.

Already determined daily power consumption all the elements involved in the autonomous photovoltaic system is dimensioned such as: solar panels, charge controllers, batteries and inverters, then perform economic and technical analysis to determine the feasibility of the project. Apart from this brief analysis of CO<sub>2</sub> emissions produced both by the LED lamps CFLs lamps as is also done and also be determines the amount of CO<sub>2</sub> emissions would be avoided if photovoltaic solar systems (SSFV) were used.

**Keywords:** efficiency, luminous flux, solar energy, greenhouse, energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions.



# CAPÍTULO 1

## 1 Generalidades

### 1.1 Introducción

El elevado consumo energético en conjunto con la contaminación medioambiental, debido a la emisión de gases de efecto invernadero son algunos de los problemas que en la actualidad han tomado gran importancia, de acuerdo al Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MICSE, 2016): “El consumo energético per cápita en el Ecuador experimentó un incremento del 9,2%, lo cual al 2015 equivale a 6,1 barriles equivalentes de petróleo por habitante en promedio. Por otro lado, a este año el consumo eléctrico per cápita registró en promedio 1.394 kwh por habitante” (pág. 11). Tomando en cuenta el consumo energético por habitante gran parte de esa energía es generada a partir de la quema de combustibles fósiles, provocando una mayor contaminación ambiental debido a la alta emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, por lo tanto vinculando el sector de la energía con el ambiental, “las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas por procesos energéticos en el 2015, ascendieron a 45,8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes (45,4 millones del CO<sub>2</sub>, 0,16 de N<sub>2</sub>O y 0,22 de CH<sub>4</sub>)” (MICSE, 2016, pág. 37).

Además, de toda la energía producida para satisfacer la necesidades de consumo, según IEA (citado por Greenpeace, 2008) un “21% es utilizada en la iluminación” (pág.1), es por este elevado consumo energético que la energía solar fotovoltaica y las lámparas led representan maneras seguras de contribuir de forma óptima a la eficiencia energética y cuidado medioambiental.

### 1.2 El problema

¿Será factible la utilización de energía solar fotovoltaica con iluminación led en un edificio residencial en la ciudad de Manta?

### **1.3 Formulación del problema.**

A pesar de que la tecnología solar fotovoltaica en conjunto con la iluminación led, representan tecnologías que cuidan al planeta, hay que tener en cuenta que el costo de adquisición de estos equipos es elevada, principalmente los que corresponden a sistemas fotovoltaicos, este hecho ha detenido su uso en muchos lugares a pesar de que su radiación solar sea elevada, por ende mediante este proyecto investigativo, se busca determinar si aparte de todos los beneficios que traen consigo estas tecnologías hay correspondencia con el recurso económico, es decir determinar si es o no factible la utilización de las mismas en un edificio residencial de la ciudad de Manta.

### **1.4 Justificación.**

La electricidad a nivel mundial es producida principalmente por fuentes de energía no renovables es decir por fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en proporciones limitadas y una vez consumidas no se van a poder reemplazar, entre ellos tenemos los combustibles fósiles que a más de ser una fuente de energía que en la actualidad se está agotando, es una de las principales vertientes de gases de efecto invernadero que resultan nocivos para la vida en este planeta y para el planeta mismo, entre ellos tenemos el CO<sub>2</sub>.

Por tal motivo se determinará si es viable la utilización de lámparas led alimentado por un sistema fotovoltaico autónomo, ya que la utilización de estas nuevas tecnologías ayudarán a reducir la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, que si bien es cierto no es el más dañino de todos los gases, pero es él se produce en mayor abundancia, además los beneficios del uso de estas nuevas tecnologías, son inmensamente grandes no solo para el planeta sino para la sociedad, porque contribuyen al ahorro energético, convirtiéndolas en tecnologías que cuidan al planeta.

### **1.5 Objeto**

El objeto de la investigación es realizar un estudio de factibilidad, con el fin de demostrar que tan viable es utilizar la tecnología solar fotovoltaica, para abastecer de la energía necesaria

al sistema de iluminación led de un edificio, ya que Manta es una ciudad que tiene un recurso solar abundante y sería bueno aprovechar el mismo.

## **1.6 Campo**

Este trabajo de investigación va a estar enfocado en la eficiencia y ahorro energético.

## **1.7 Variables**

- Eficacia de la iluminación led
- Consumo energético
- Precio de adquisición de paneles solares y lámparas led

## **1.8 Hipótesis**

La tecnología led posee mejor eficacia luminosa que las fluorescentes compactas, por consiguiente consumen menor potencia en su funcionamiento y en conjunto con los paneles solares reducirán enormemente las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, los LED de forma indirecta y el sistema solar de forma directa, por lo que será factible su utilización en el edificio residencial objeto de estudio ubicado en la ciudad de Manta.

## **1.9 Objetivos**

### **1.9.1 Objetivo general.**

- Realizar un estudio de factibilidad utilizando energía solar fotovoltaica con iluminación led.

### **1.9.2 Objetivos específicos.**

- Determinar el principio de funcionamiento de las lámparas led.

- Establecer las ventajas y desventajas de la iluminación led ante otras tecnologías de iluminación.
- Comprobar el ahorro energético que traería consigo la utilización de lámparas led.
- Realizar el cálculo adecuado para el dimensionamiento de todos los elementos que intervienen en el sistema fotovoltaico.
- Efectuar el análisis técnico-económico, de la instalación basada en iluminación led con energía solar fotovoltaica.

## 1.10 Metodología

El estudio de factibilidad se efectuó mediante los planos de un edificio residencial cuya ubicación será en el sector de Santa Marianita de la ciudad de Manta, en donde para obtener la cantidad de equipos necesarios para abastecer de energía eléctrica al sistema de iluminación constituido por lámparas led, se utilizó en primera instancia el método de los lúmenes con el cual se obtuvo la cantidad de lámparas necesarias para iluminar adecuadamente los diferentes espacios de cada piso del edificio, luego de esto se procedió a utilizar la metodología propuesta por Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, para dimensionar un SFA. Los métodos utilizados fueron:

### 1.10.1 Método teórico

- **Análisis – síntesis:** El análisis es un procedimiento mental mediante el cual un todo complejo se descompone en sus diversas partes y cualidades, y la síntesis establece la unión entre las partes previamente analizadas y posibilita descubrir las relaciones esenciales y características generales entre ellas.

### 1.10.2 Método empírico

- **Observación científica:** Consiste en la percepción del objeto de investigación y de los fenómenos asociados a éste.

## CAPÍTULO 2

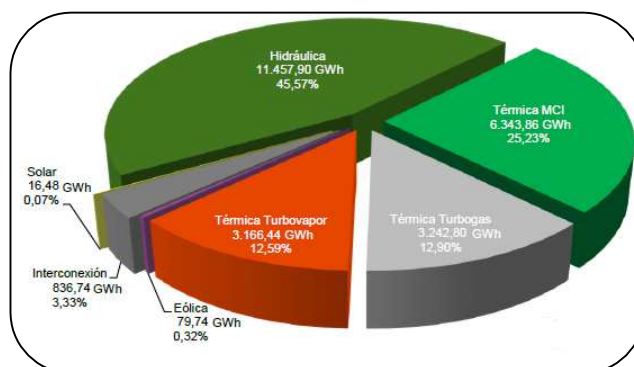
### 2 Energía solar fotovoltaica e iluminación led

#### 2.1 Introducción a las energías renovables en el Ecuador

Debido principalmente a los problemas medioambientales se han buscado a nivel mundial nuevas maneras de producir energía eléctrica sin afectar al medio ambiente, a estas nuevas tecnologías se las han llamado energías renovables. De acuerdo a MEER (2014): “Energías Renovables (...), se refiere a aquella forma de producir energía de manera poco común en el mundo y cuyo uso está aún limitado y no desarrollado tecnológicamente en su totalidad, debido principalmente a sus altos costos de inversión.”

La producción de energía del sistema eléctrico ecuatoriano se fundamenta en el aporte procedente de centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, eólicas y fotovoltaicas. “De acuerdo a las estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano en el 2014 se tiene que el 52.5% del aporte corresponde a centrales termoeléctricas, 47.1% a hidroeléctricas y el 0.4% restante a centrales eólicas y fotovoltaicas (ARCONEL, 2015)”

Figura 2.1 Estructura de la generación eléctrica en el 2014



Fuente: Estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano 2014, ARCONEL, 2015, pág. 48

El potencial hidroeléctrico en el Ecuador, actualmente ha incrementado enormemente debido a la puesta en marcha de las nuevas centrales hidroeléctricas, entre ellas el proyecto Coca Codo Sinclair, es el que más sobresale ya que tiene la capacidad de generar 1.500 MW, que en conjunto con las otras hidroeléctricas la potencia total es de aproximadamente 3.023 MW (INER, 2016); sin embargo como se aprecia en la figura 2.1 el aprovechamiento de la

energía solar es mínimo apenas del 0.07%, a pesar de ser un país con altos índices de radiación solar.

El Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías - INER (2016) afirma que:

El país está perdiendo la oportunidad de convertir a la energía solar en la tercera fuente de energía, luego del petróleo y la hidroelectricidad. Al estar en la mitad del mundo, el potencial de aprovechamiento de la energía solar en nuestro país es enorme; y, su uso extensivo ayudaría a alcanzar una independencia energética de largo plazo. Esto significa que es necesario empezar con la cuantificación de este recurso, antes de proponer un proyecto de investigación e inversión que beneficie al país. (pág. 9)

Sin embargo en el país ya existen instalaciones de generación eléctrica renovable aisladas del S.N.I, y son aislados de la red principalmente por motivos de lejanía, según (INER, 2016):

En la Amazonía se han instalado cerca de 5.000 sistemas solares fotovoltaicos con una potencia superior a los 700 kWp [kilovatios pico]. En las islas Galápagos hay dos parques eólicos con una potencia nominal de 4,65 MW y una capacidad promedio de generación de 9 GWh/año y 2.9 MW de potencia fotovoltaica, capaces de generar en promedio 4 GWh/año. (pág. 28)

Las principales energías renovables no convencionales que en el Ecuador se utilizan son:

- **Energía solar:** Ésta se la puede aprovechar de dos maneras:
  - La primera utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. A la energía obtenida se le llama energía solar térmica. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos.
  - La segunda, utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad. A la energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos.
  
- **Energía eólica:** “La energía eólica nace del movimiento de las masas de aire que produce el viento, creando energía cinética propia de los cuerpos en movimiento (INER, 2016, párr. 1)”. Esta es una de las energías usadas desde la antigüedad ya sea para impulsar barcos a vela, para bombear agua o para hacer funcionar molinos, sin

embargo en la actualidad está siendo usada en el Ecuador para generar electricidad mediante aerogeneradores.

- **Biomasa:** Es toda materia orgánica que puede ser utilizada como fuente de energía, “la valoración de la biomasa puede hacerse a través de cuatro procesos básicos mediante los que puede transformarse en calor y electricidad: combustión, digestión anaerobia, gasificación y pirolisis” (APPA, 2009).

## 2.2 Radiación solar

La radiación producida por el Sol atraviesa el espacio vacío en todas direcciones. No tiene pérdidas considerables por interacción con medios materiales. Antes de continuar es necesario aclarar tres conceptos, con el fin de tener mayor comprensión de los siguientes párrafos, estos conceptos son:

**Hora solar pico (HSP):** Este valor es el número de horas, del total de horas entre el amanecer y el anochecer, durante el cual el sol irradia con una potencia luminosa de 1 SOL (1 SOL = 1 KW / m<sup>2</sup>). Por ejemplo, si tenemos un promedio de insolación diaria en una locación es de 6 KWh/m<sup>2</sup>. Si este valor es dividido por un SOL, se obtiene el valor (en horas) del día solar promedio para esa locación y esa inclinación. De acuerdo al ejemplo:

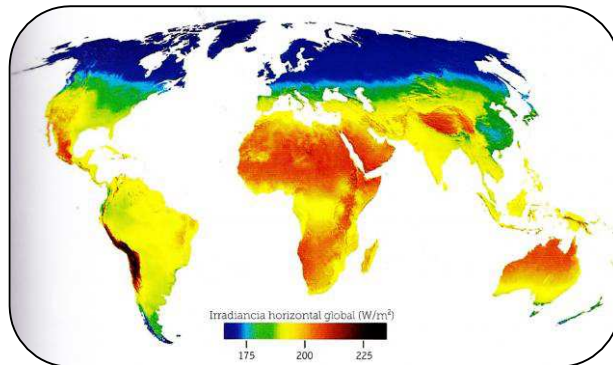
$$HSP = \frac{6 \text{ KW} / \text{m}^2}{1 \text{ KW} / \text{m}^2} = 6 \text{ horas}$$

**Irradiancia:** “Es la magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros medida como una potencia instantánea por unidad de superficie, W/m<sup>2</sup> o unidades equivalentes” (Sunfields Europe, 2016, pág. 5).

**Irradiación:** “Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Se suele medir en Wh/m<sup>2</sup> o, en caso de un día, en Wh/m<sup>2</sup>/día o unidades equivalentes” (Sunfields Europe, 2016, pág. 5).

Según World Energy Council (citado por INER, 2016) “La irradiancia solar global media a nivel mundial está alrededor de 170 W/m<sup>2</sup> (pág. 47). Cuando este valor se lo integra a lo largo de un año, se obtiene que sobre 1 m<sup>2</sup> de superficie terrestre en posición horizontal inciden alrededor de 1.500 KWh. Sin embargo es importante tener presente que el recurso solar depende directamente de las diferentes zonas geográficas del planeta.

**Figura 2.2 Mapa mundial de irradiancia global horizontal**



Fuente: Análisis de oportunidades de investigación desarrollo e innovación en eficiencia energética y energías renovables en Ecuador. Un enfoque desde el sector académico. INER, 2016, pág. 47

En la siguiente tabla se pueden observar valores de irradiancia de algunos países:

**Tabla 2.1 Valores de irradiancia de diferentes lugares**

<b>País</b>	<b>Irradiancia (W/m<sup>2</sup>)</b>
Mar Rojo y el desierto de Atacama en Chile	> 300
Australia y África	200
Estados Unidos y países del Mar Mediterráneo	105 – 185
Perú, Chile y Bolivia	300
Ecuador	200

Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados de Análisis de oportunidades de investigación desarrollo e innovación en eficiencia energética y energías renovables en Ecuador. Un enfoque desde el sector académico, INER, 2016, pág 47

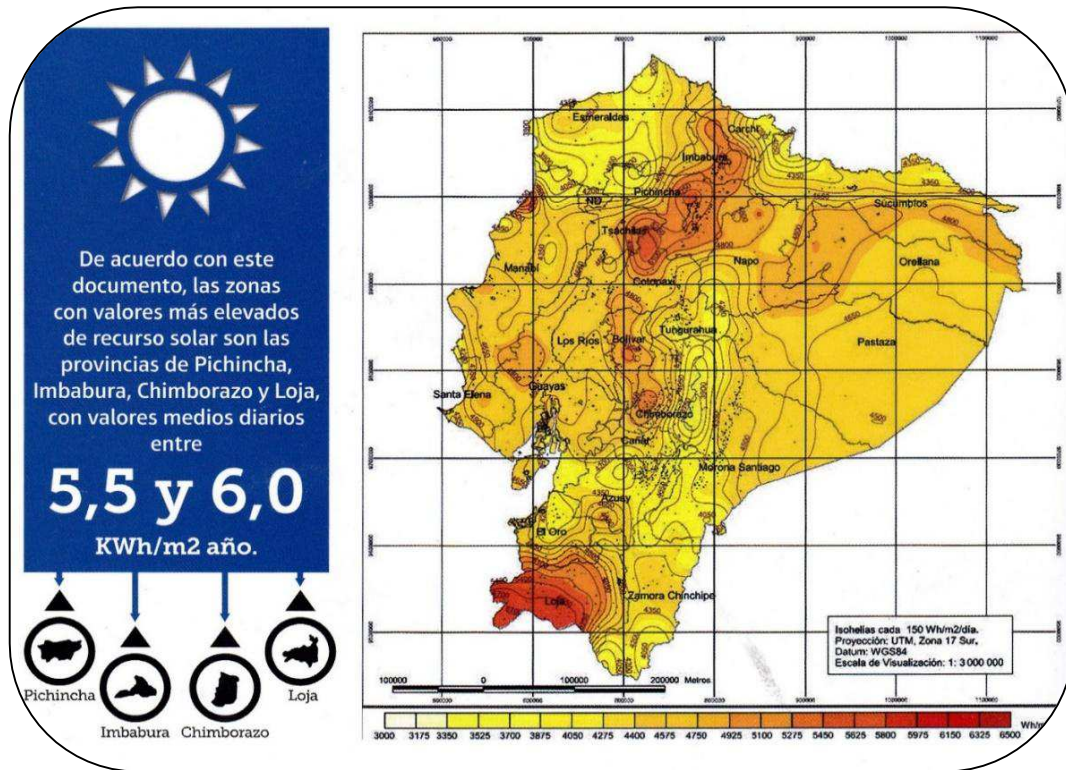
### **2.2.1 Radiación solar en Ecuador**

En el Atlas Solar del Ecuador creado por CONELEC (2008) se pueden observar los diferentes valores de irradiación, dependiendo de la zona geográfica. Este Atlas tiene como



finalidad mostrar que “el Ecuador dispone de un recurso relativamente abundante de alrededor de 4.6 kWh/m<sup>2</sup> diarios,(...), que corresponde a unos 200 W/m<sup>2</sup> de irradiancia media o a unos 1.680 kWh/m<sup>2</sup> anuales (INER, 2016, pág. 47)”.

**Figura 2.3 Atlas solar del Ecuador**



Fuente: Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica. (CONELEC, 2008)

“Este atlas fue elaborado mediante datos satelitales, ya que en el momento de su elaboración el Ecuador no disponía de una red radiométrica terrestre para validar los modelos utilizados. En este sentido, actualmente existe la necesidad de continuar afinando los datos con una mejor resolución espacial y validándolos con mediciones terrestres. Para ello serán de gran ayuda las 40 estaciones meteorológicas con medición de recurso solar donadas por la Agencia de Cooperación Japonesa al Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER). Estas estaciones se instalarán por todo el Ecuador continental, con lo que se establecerá una red radiométrica que permitirá disponer de un mapa solar más preciso. Otro aspecto a considerar es que el Atlas del CONELEC no incluye las Islas Galápagos, lugar donde se sabe que el recurso solar es muy abundante y donde este tipo de energía puede ser aprovechado con diversas tecnologías para generación de electricidad y calor”. (INER, 2016,

pág. 47). Una vez vistos estos conceptos fundamentales, se procederá a definir todos los conceptos que correspondan a la energía solar fotovoltaica e iluminación led.

### **2.3 Energía solar fotovoltaica**

“La energía fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores cuando estos son iluminados por un haz de fotones” (Gómez Alonso, 2008, pág. 2).

Mediante la energía solar fotovoltaica se convierte directamente la energía proveniente del sol en energía eléctrica. “Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial” (APPA, 2009). Mientras la célula solar reciba luz, se generara corriente eléctrica y cuando la luz se extingue la corriente también lo hará.

**Figura 2.4 Energía solar fotovoltaica**



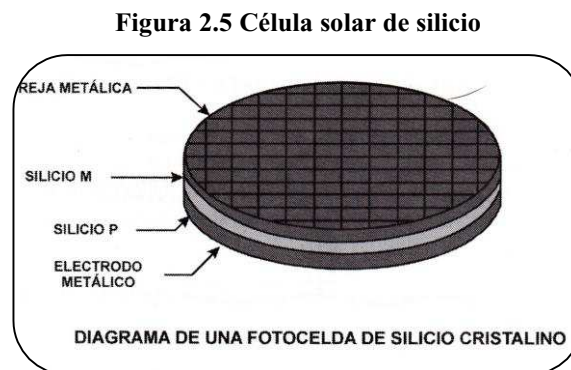
Fuente: Renovaveis-Energía solar. Obtenido de: <http://www.jpm.pt/es/renovaveis/productos/energia-solar-fotovoltaica>

#### **2.3.1 Fundamentos de la energía solar fotovoltaica.**

La tecnología fotovoltaica (Foto=luz, voltaico=voltaje), está fundamentada en la utilización de materiales semiconductores, gracias a ellos es posible transformar en corriente eléctrica la energía solar por un proceso fotovoltaico. “El efecto fotovoltaico es la generación de una fuerza electromotriz (f.e.m) como resultado de la absorción de la radiación ionizante” (Enriquez Harper, 2011, pág. 112).

Enriquez Harper, (2011) expresa que:

Los dispositivos para conversión de la energía que se usan para convertir la luz solar en electricidad por efecto fotovoltaico, son conocidos como celdas fotovoltaicas (...), es decir, que una celda solar es un transductor que convierte la energía solar radiante del sol directamente en electricidad y es básicamente un diodo semiconductor capaz de desarrollar un voltaje de 0.5-1.0 V y una densidad de corriente de 20-10 mA/cm<sup>2</sup> dependiendo de los materiales utilizados y de las condiciones de luz solar. (pág. 112)



**Fuente:** Enriquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág. 112

“Las células fotoeléctricas transforman la energía solar en electricidad en forma de corriente continua, y ésta suele transformarse a corriente alterna para poder utilizar los equipos electrónicos que solemos tener en nuestras casas” (Gasquet, 2004). El inversor es el equipo encargado de realizar la transformación de corriente continua a corriente alterna, imitando la forma de onda de la red eléctrica, manteniendo la calidad de señal y uniformidad de la misma.

### 2.3.2 Funciones elementales de un sistema solar fotovoltaico

De acuerdo a PNUD; BUN-CA (2002), las principales funciones son:

- “Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada” (pág. 6).

### **2.3.3 Ventajas de la energía solar fotovoltaica**

Las principales ventajas de la energía solar fotovoltaica según Enríquez Harper (2012) son:

- Nivel de generación de energía desde micro hasta mega watts.
- Pueden trabajar a temperatura y presión ambiente.
- Son dispositivos de estado sólido sencillos usados para convertir la energía.
- No tienen partes móviles
- Pueden funcionar en forma no atendida por largos periodos.
- Tienen un periodo de vida largo.
- No contaminan.
- Son fáciles de operar.
- Son de naturaleza modular, se pueden hacer arreglos serie-paralelo para obtener los valores de voltajes y corrientes deseados. (pág. 348)

### **2.3.4 Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica**

Mediante los generadores fotovoltaicos se pueden constituir sistemas de energía eléctrica con un amplio rango de potencia. Dependiendo como se utilice el sistema solar, se pueden configurar los siguientes sistemas:

#### ***2.3.4.1 Sistemas Aislados o Autónomos (SFA)***

“Un sistema descentralizado autónomo es un sistema fotovoltaico capaz de satisfacer la demanda energética de un determinado lugar con electricidad que se produce, almacena y transforma en un sistema fotovoltaico central y que luego se distribuye, a través de líneas eléctricas, para el respectivo consumo” (PNUD, 2002, pág. 15). En este documento se hará referencia principalmente a este tipo de sistema, ya la propuesta de diseño es básicamente alimentar las carga de iluminación de un edificio con un sistema de este tipo.

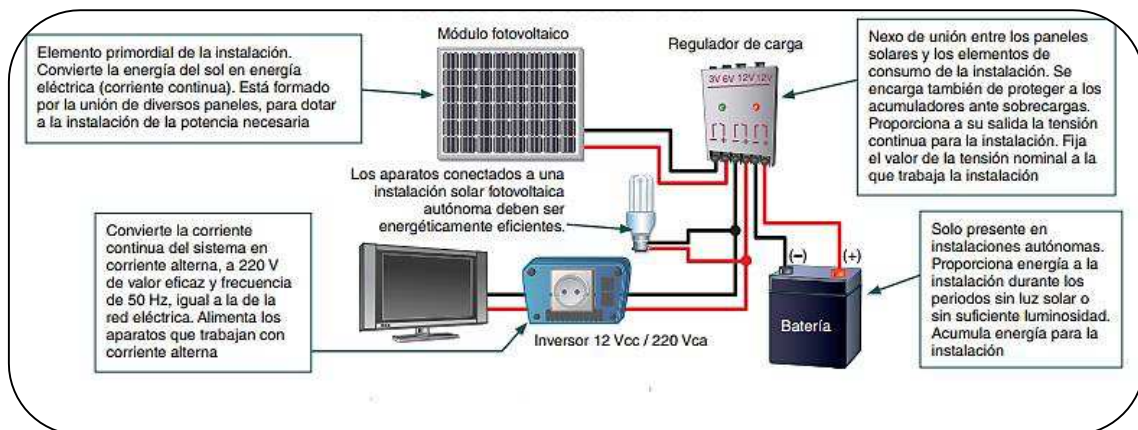
### 2.3.4.2 Sistemas Conectados a la red eléctrica (SFCE)

En estos sistemas, la energía obtenida no se almacena sino que se provee directamente a la red eléctrica. Según PNUD; BUN-CA (2002): “Esto implica por una parte que el banco de baterías ya no es necesario y, por otra, que se necesita de un equipo especial para adaptar la energía producida por los paneles a la energía de la red” (pág. 18). Debido a que los paneles solares son dispositivos de alta fiabilidad, el elemento que requiere más atención técnica es el inversor.

## 2.4 Componentes de un sistema solar fotovoltaico autónomo (SFA)

El esquema general de un sistema solar fotovoltaico se muestra a continuación:

Figura 2.6 Componentes de un sistema solar fotovoltaico



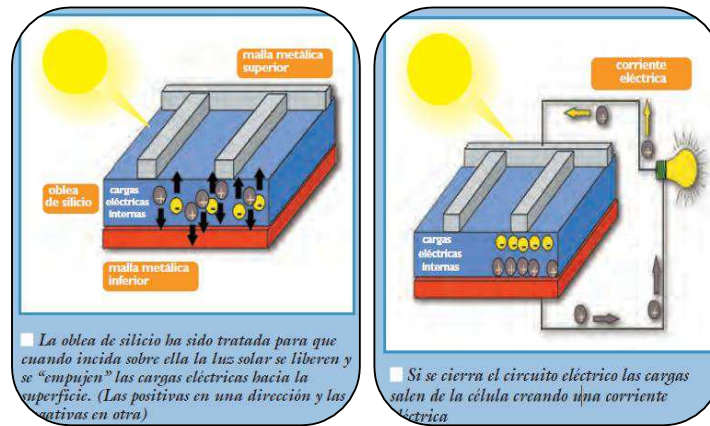
Fuente: Componentes de un sistema solar fotovoltaico. Obtenido de: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

### 2.4.1 Célula solar.

La célula solar es el corazón de los paneles solares fotovoltaicos, por ende sin ellas no se podría aprovechar la energía proveniente del sol. “Las celdas fotovoltaicas están hechas de materiales semiconductores, usualmente silicio, para las células solares se tienen una especie de obleas delgadas de semiconductor especialmente tratadas para formar un campo eléctrico positivo de un lado y negativo del otro” (Enriquez Harper, 2011, pág. 112). Estas obleas de silicio han sido diseñadas para que las cargas eléctricas se liberen y se empujen en

direcciones contrarias hacia la superficie, cuando éstas captan los rayos provenientes del sol. (Puig & Jofra, 2006).

**Figura 2.7 La célula fotovoltaica**



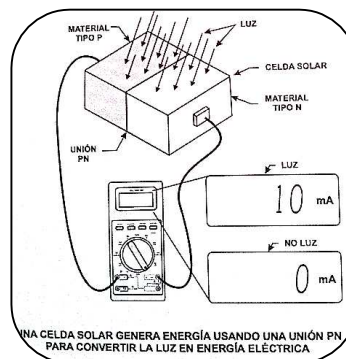
Fuente: Energía solar fotovoltaica, Puig & Jofra, 2006, pág. 5

Una célula solar se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es la N, y la parte situada en la zona de oscuridad, la P, a continuación se definen las juntas tipo N y P:

**Junta tipo N:** En esta zona se cede fácilmente electrones, se crea una zona dentro del semiconductor que tiene un exceso de cargas negativas (electrones) (Gasquet, 2004).

**Junta tipo P:** En esta zona se atrapan los electrones libres, los átomos que los pierden quedan cargados positivamente. En esta zona predominan las cargas positivas (...) obteniéndose un semiconductor del tipo P (positivo) (Gasquet, 2004).

**Figura 2.8 Funcionamiento de la celda solar**

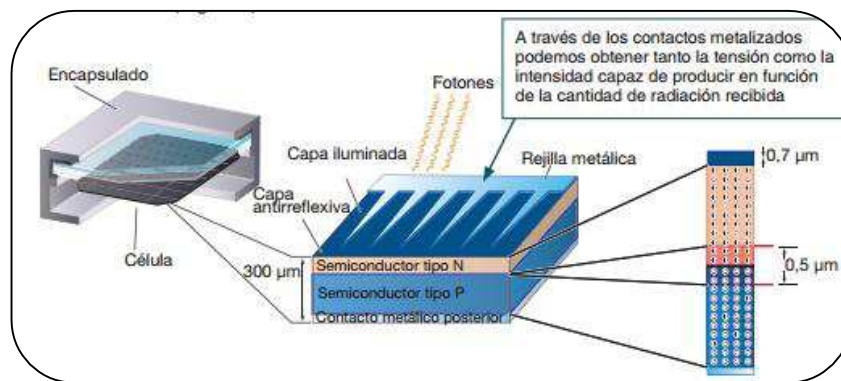


**Fuente:** Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág. 114



Los terminales de conexión de la célula se hallan sobre cada una de estas partes del diodo: la cara correspondiente a la zona P se encuentra metalizada por completo (no tiene que recibir luz), mientras que en la zona N el metalizado tiene forma de peine, a fin de que la radiación solar llegue al semiconductor.

**Figura 2.9 Estructura interna de una célula solar**



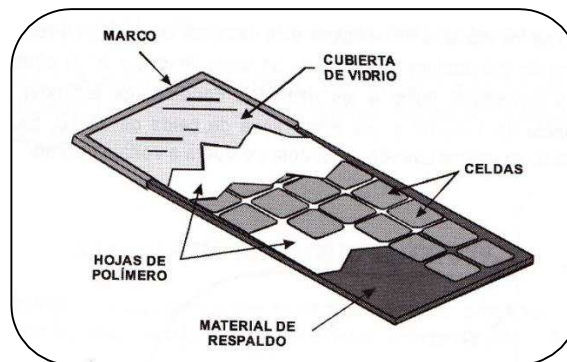
Fuente: Componentes de una instalación solar fotovoltaica. Obtenido de: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>.

## 2.4.2 Módulos fotovoltaicos – paneles solares.

Un módulo fotovoltaico no es más que la agrupación de varias células solares, debido a que una sola célula no puede producir la potencia suficiente para alimentar las cargas habituales éstas se agrupan en conexiones mixtas (serie-paralelo), para producir la tensión y corriente deseada (Perpiñán Lamigueiro, 2013).

En general, la asociación de células es encapsulada en dos capas de EVA (etileno-vinilo-acetato), entre una lámina frontal de vidrio y una capa posterior de un polímero termoplástico (frecuentemente se emplea el tedlar) u otra lámina de cristal cuando se desea obtener módulos con algún grado de transparencia. Muy frecuentemente este conjunto es enmarcado en una estructura de aluminio anodizado con el objetivo de aumentar la resistencia mecánica del conjunto y facilitar el anclaje del módulo a las estructuras de soporte. (Perpiñán Lamigueiro, 2013, pág. 53)

**Figura 2.10 El panel solar**



**Fuente:** Enriquéz Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág. 115

Según ICAI (2014):

El funcionamiento de los paneles se basa en el efecto fotovoltaico. Cuando las células fotovoltaicas de los paneles quedan expuestas a la radiación solar, los fotones contenidos en la luz transmiten su energía a los electrones de los materiales semiconductores que pueden entonces romper la barrera de potencial de la unión P-N y salir del semiconductor a través de un circuito exterior, produciéndose así corriente eléctrica. (pág. 4)

#### **2.4.2.1 Tipos de paneles solares.**

Los paneles fotovoltaicos que se encuentran actualmente en el mercado son los siguientes, los módulos FV deberán, preferiblemente estar certificados de acuerdo con la norma internacional *IEC-61215*, o con la norma nacional utilizada en el país de interés.

##### **2.4.2.1.1 Módulo de silicio monocristalino:**

Se fabrican a partir de lingotes puros de silicio. “Son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos”. (PNUD, 2002, pág. 8)

Son los paneles solares que presentan mayor eficiencia, ya que se obtienen de silicio puro perfectamente cristalizados. Por lo que, un módulo de silicio está constituido por células azul noche, y poseen un mejor rendimiento de hasta el 24.7% en pruebas de laboratorio, sin embargo en los comercializados el rendimiento es del 16%.



**Figura 2.11 Panel solar monocristalino**



Fuente: Energía solar en acción. Obtenido de <http://www.solariaenergía.com/ES-productos-ampliados-2-0/productos-y-servicios.html>

#### *2.4.2.1.2 Módulo de silicio policristalino:*

Los materiales son semejantes a los del tipo anterior aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Para ICAI (2015) estos paneles están constituidos “con células de color azul pero no uniforme. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos (en laboratorio del 19.8% y en los módulos comerciales del 14%) siendo su precio también más bajo” (pág. 5).

**Figura 2.12 Panel solar policristalino**



Fuente: Componentes del sistema fotovoltaico, ICAI, 2015, pág. 6

#### *2.4.2.1.3 Módulo de silicio amorfo:*

Al igual que los anteriores modelos está constituido de silicio, pero a diferencia de ellos no posee una disposición cristalina. Según afirma ICAI (2014): “EL rendimiento máximo alcanzado en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 8%. Son los más utilizados, al ser su precio generalmente inferior y ser más fáciles de adaptar a determinadas superficies” (pág. 6).

**Figura 2.13 Panel solar amorfo**



Fuente: TFV-Solar. Obtenido de: <http://www.tiendafotovoltaica.es/Modulo-solar-6V/2W-silicio-amorfo-con-marco-aluminio>

#### **2.4.2.2 Parámetros eléctricos de un módulo fotovoltaico**

Los principales parámetros a considerar de acuerdo a ICAI (2015) son:

**Corriente de cortocircuito  $I_{sc}$ :** “Es la máxima intensidad de corriente que proporciona el panel y corresponde a la corriente que entrega cuando se conectan directamente los dos bornes” (pág. 6).

**Tensión de circuito abierto  $V_{oc}$ :** “Es el máximo voltaje que proporciona el panel, correspondiente al caso en que los bornes están “al aire”. ( $V_{oc}$  suele ser menor de 22 V para módulos que vayan a trabajar a 12V)” (pág. 6).

**Punto de máxima potencia:** “Existe un punto de funcionamiento ( $I_{pmax}$ ,  $V_{pmax}$ ) para el cual la potencia entregada es máxima ( $P_{max}=I_{pmax} \times V_{pmax}$ ). Ese es el punto de máxima potencia del panel y su valor se da en Vatios (W)” (pág. 6).

Es muy importante conocer el efecto de la temperatura sobre los paneles solares, por lo tanto en el siguiente párrafo, se aclarará ese tema.

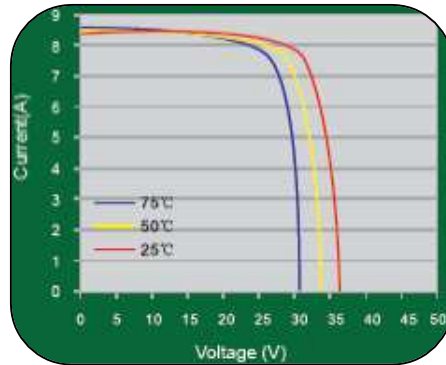
**Efecto de la temperatura de trabajo:** de acuerdo a Gasquet (2004):

Tanto la corriente de cortocircuito como el voltaje a circuito abierto, se ven afectados por la temperatura de trabajo, pero el tipo de variación, así como su magnitud porcentual, son distintos para estos dos parámetros. Si tomamos como referencia los valores a 25°C, la corriente de cortocircuito

**aumenta moderadamente** (+ 1,6% a 50°C; + 3,3% a 75°C), mientras que el voltaje a circuito abierto **disminuye sensiblemente** (- 9,5% a 50°C; - 16,7% a 75°C).

Es por ello que los fabricantes tratan de ofrecer un voltaje de circuito abierto elevado a 25°C, de manera que el incremento en la temperatura de trabajo no impida el proceso de carga de las baterías. Cuando la temperatura de trabajo es menor que 25°C, el voltaje de circuito abierto crece, y la corriente de cortocircuito disminuye. (págs. 29-30)

**Figura 2.14 Efecto de la temperatura de trabajo sobre los paneles solares**

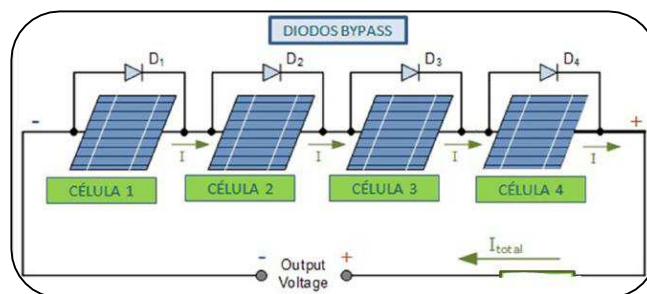


Fuente: Manual Teórico y Práctico sobre los sistemas fotovoltaicos, Gasquet, 2004, pág. 30

### 2.4.3 Diodos

“Los módulos (...) vienen con diodos de paso llamados también **diodos bypass**, (...). Estos diodos sirven para que por ejemplo, cuando un módulo esté bajo condiciones de sombra, se convierta en una carga eléctrica para el sistema fotovoltaico” (Enriquez Harper, 2011, pág. 131). En otras palabras en el caso que haya sombras, los módulos afectados se comportarán como cargas resistivas, pasando de productoras a consumidoras de energía, entonces el diodo de bypass permitirá el paso de la corriente, sin romper la serie con otros grupos de células, permitiendo su funcionamiento con un rendimiento menor (Grupo Elektra, 2014).

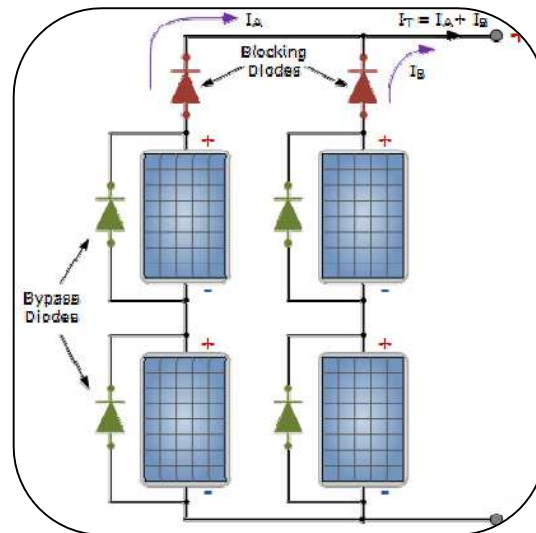
**Figura 2.15 Diodos bypass**



Fuente: Diodos bypass y de bloqueo en paneles fotovoltaicos, Grupo Elektra, 2014, pág. 3

Por otra parte los *diodos de bloqueo* o antiretorno “se colocan en paralelo en la asociación para evitar que la batería se descargue a través del campo solar cuando éste no reciba radiación [es decir en las noches]” (Grupo Elektra, 2014, pág. 4). Con este tipo de arreglo se evita la descarga de las baterías, ya que el diodo solo conduce en una dirección, la corriente inversa proveniente de las baterías, no llegará al arreglo solar, y por ende no se descargarán.

**Figura 2.16 Principio de un diodo antiretorno**



Fuente: Diodos bypass y de bloqueo en paneles fotovoltaicos, Grupo Elektra, 2014, pág. 7

#### 2.4.4 Acumulador

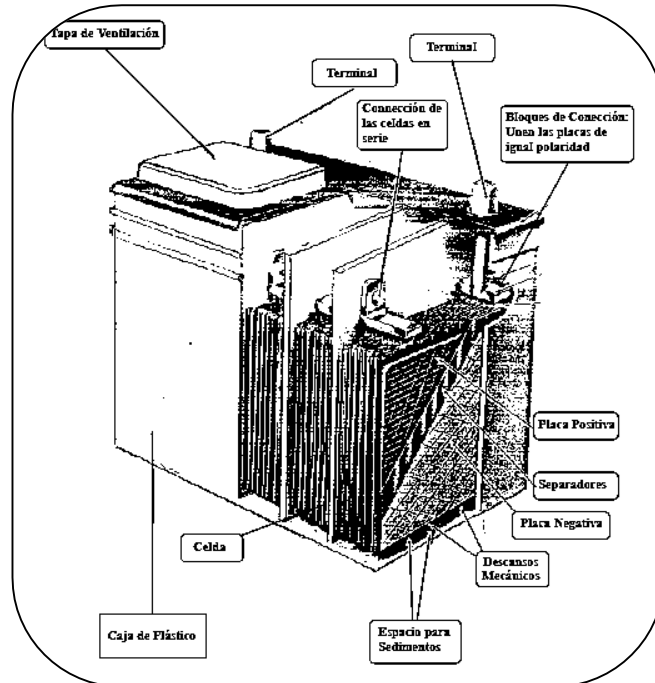
Las baterías, son dispositivos esenciales en los sistemas fotovoltaicos, ya que la radiación solar es recurso impredecible ya sea por tormentas o nubes y al mismo tiempo también es predecible, principalmente por la duración del día (lapso día-noche). Una definición acertada es la siguiente: “un acumulador electroquímico es una batería (...) recargable, capaz de almacenar energía eléctrica mediante una transformación en energía electroquímica. Es capaz de dar autonomía al sistema fotovoltaico al satisfacer los requerimientos de consumo en cualquier momento, independientemente de la generación” (Perpiñán Lamigueiro, 2013, pág. 94)

Enriquez Harper (2011), expresa que:

En los sistemas fotovoltaicos autónomos (...) cumplen varias funciones, principalmente sirven para almacenar energía eléctrica para su uso por la noche cuando no se tiene sol para producir

energía fotovoltaica, de manera que permita la operación de cargas durante los periodos de poco sol, para estabilizar el voltaje del sistema y absorber transitorios. (pág. 151)

**Figura 2.17 Detalles de Construcción de una Batería Plomo-Acido**



Fuente: Gasquet, Manual Teórico y Práctico sobre los sistemas fotovoltaicos 2004, pág. 48

“Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse” (PNUD, 2002, pág. 9). Esta es la principal característica de estas baterías, ya que en los acumuladores usados en otras aplicaciones se degrada su vida útil si se descargan más del 70%.

La capacidad de la batería se mide en “amperio-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente. Dado que la cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma, los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga en particular. La capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100). (PNUD, 2002, pág. 10)

Las baterías de los automóviles no son recomendadas para aplicaciones fotovoltaicas, debido a que no están diseñadas para soportar descargas profundas, principalmente estas

baterías están diseñadas para entregar alta corriente durante pocos segundos, en cambio una batería diseñada para sistemas fotovoltaicos puede brindar bajas corrientes eléctricas durante numerosas horas de uso (ICAI, 2015).

El criterio que podemos utilizar a la hora de escoger el nivel de voltaje del módulo fotovoltaico que necesitamos para nuestro sistema fotovoltaico se podría resumir, de modo genérico, en la siguiente tabla:

**Tabla 2.2 Criterio para escoger el voltaje del sistema fotovoltaico**

<b>Potencia demandada por las cargas (w)</b>	<b>Tensión de trabajo (V)</b>
Menor de 1500	12
1500 - 5000	24 ó 48
Mayor de 1500	120 ó 300

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Manual para instalaciones fotovoltaicas autónomas, Sunfields Europe, 2016, pág. 4

#### **2.4.4.1 Tipos de baterías utilizadas en sistemas solares fotovoltaicos**

Existen varios tipos de baterías, sin embargo los tipos más utilizados son:

- ✓ Níquel-Cadmio
- ✓ Plomo-Ácido

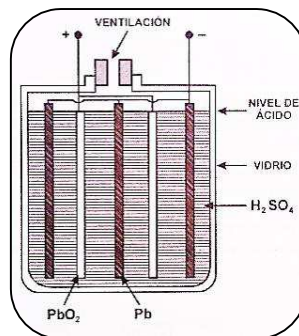
“Las baterías Níquel-Cadmio son las más recomendadas por su alta durabilidad y resistencia, pero su alto precio inclina la balanza a favor de las de Plomo-Ácido” (ICAI, 2015, pág. 10).

A continuación se hará referencia a las características de las baterías de plomo-ácido ya que son las más utilizadas en sistemas solares fotovoltaicos:

### 2.4.4.1.1 Baterías plomo-ácido

El tipo más usado de acumulador, dado su bajo costo, es la batería de plomo y ácido sulfúrico con electrolito líquido “(...) está constituida de dos placas denominadas placa de plomo (negativa) y placa de plomo cubierta con dióxido de plomo (positiva) con 35% de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) Y 65% de solución de agua” (Enriquez Harper, 2011, pág. 152).

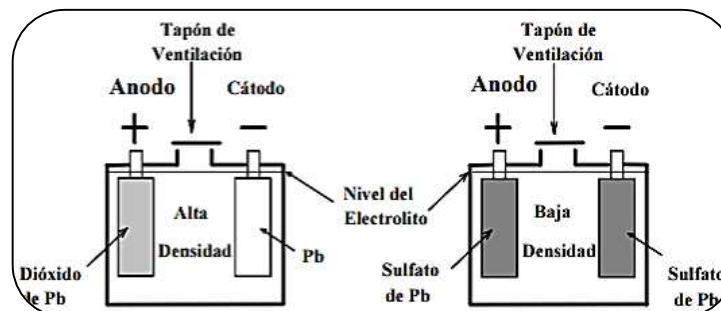
**Figura 2.18 Diagrama simplificado de un acumulador plomo-ácido**



Fuente: Enriquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág. 153

“Cuando la batería está cargada, el electrodo positivo tiene un depósito de dióxido de plomo y el negativo es plomo. Al descargarse, la reacción química que toma lugar hace que, tanto la placa positiva como la negativa, tengan un depósito de sulfato de plomo.” (Gasquet, 2004, pág. 40)

**Figura 2.19 Carga y descarga de la batería**



Fuente: Gasquet, Manual teórico y práctico sobre los sistemas fotovoltaicos 2004, pág. 40

#### 2.4.4.1.2 Baterías tipo gel.

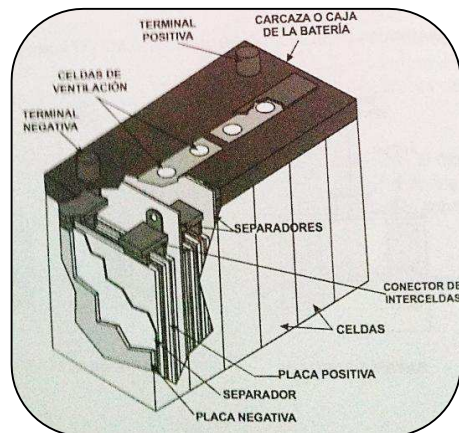
De acuerdo a Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos (2011):

En este tipo de celda, se forma una delgada capa de gel mezclando el electrolito con un agente gelificada (como el fluoruro de silica) tienen la ventaja de estar completamente sellado y pueden operar en cualquier posición, aun de lado o boca arriba, y no tiene fuga de ácido o gas. La desventaja de estas baterías es que no pueden tolerar altos índices de carga o descarga por periodos prolongados, aunque sus placas permiten altos índices por un tiempo corto.

Las baterías tipo gel son muy robustas y pueden tomar más calor y carga que las baterías plomo-ácido. Para su uso en sistemas fotovoltaicos son prácticamente hechas al tamaño, (...). (pág. 154)

Acorde a ICAI (2015): “Este tipo de batería tiene las siguientes ventajas de no requerir mantenimiento y permitir un amplio rango de temperaturas de trabajo (-15°C +55°C), presentando el inconveniente de ser mucho más caras y más lentas de recargar” (pág. 10).

**Figura 2.20 Componentes de una batería tipo gel**



Fuente: Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág. 154

#### 2.4.5 El regulador o controlador de carga

Es un equipo esencial en sistemas fotovoltaicos, ya que es el encargado de mantener en mantener el buen funcionamiento de las baterías prolongando su vida útil. “Un regulador de

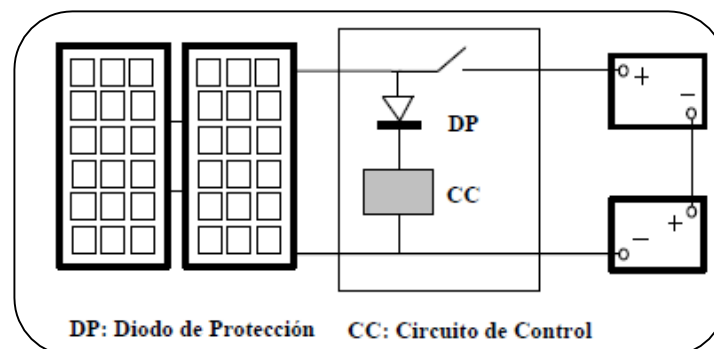


carga es un equipo electrónico capaz de evitar la sobrecarga y la descarga excesiva de un acumulador cuando se alcanzan determinados umbrales, generalmente determinados por la tensión en bornes de la batería” (Perpiñán Lamigueiro, 2013, pág. 101) .

Enriquez Harper (2011) asevera que: “El regulador tiene como funcion fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su maxima carga” (pág. 302). Ya que si continua recibiendo energía se producirá una gasificacion excesiva del electrolito, a más de un excesivo calentamiento que reducirá considerablemente la vida útil de la misma.

“Los reguladores que se emplean en aplicaciones fotovoltaicas son del tipo serie: desconectan el campo de paneles de la batería para evitar la sobrecarga, y la batería de los equipos de consumo para evitar la sobredescarga” (ICAI, 2015, pág. 13)

**Figura 2.21 Control de carga en serie**



Fuente: Gasquet, Manual Teórico y Práctico sobre los sistemas fotovoltaicos, 2004, pág. 57

#### **2.4.6 El inversor u ondulator fotovoltaico**

Para alimentar a los equipos que funcionen con corriente alterna es necesario utilizar el inversor, ya que “proveer adecuadamente energía eléctrica no sólo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas; sino que, también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita” (PNUD, 2002, pág. 11).

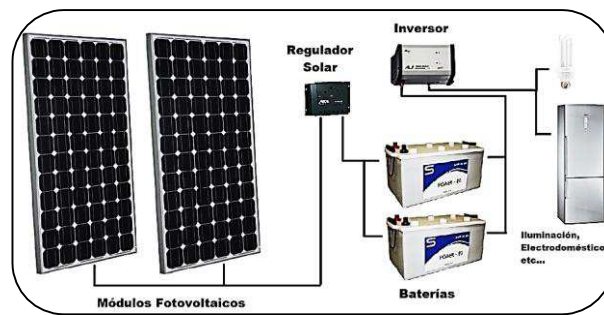
“A la hora de dimensionar el inversor, se tendrá en cuenta la potencia que demanda la suma de todas las cargas AC en un instante, de este modo se elegirá un inversor cuya

potencia sea un 20% superior a la demandada por las cargas, suponiendo su funcionamiento al mismo tiempo” (Sunfields Europe, 2016, pág. 5).

Los tipos de convertidores además de realizar la transformación de energía eléctrica, tienen que reproducir una onda parecida a la de la red eléctrica, entre ellos tenemos:

- Convertidores de onda cuadrada: Para usos básicos como (TV, iluminación, generalmente para cargas resistivas) es más barato.
- Convertidores de onda sinusoidal: Para cualquier aplicación, en particular motores (son más caros).

**Figura 2.22 Esquema general de una instalación autónoma con inversor.**



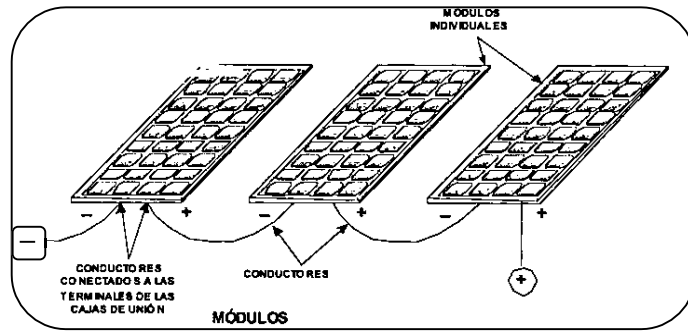
Fuente: Calonixsolar. Obtenido de: <http://calonixsolar.com/producto-item/sistema-fotovoltaico-aislado/>

#### **2.4.7 Interconexiones de paneles solares**

De la misma manera como sucede con las células solares, los paneles fotovoltaicos deben conectarse entre sí, ya que muchas veces un solo panel no proporciona la suficiente potencia para abastecer a un determinado sistema, y de esa forma constituir lo que se conoce como generador fotovoltaico, “la interconexión de paneles se realiza asociando primero paneles en serie, hasta conseguir el nivel de tensión adecuado, y después asociando en paralelo varias asociaciones en serie, para alcanzar el nivel de corriente deseado” (ICAI, 2015, pág. 8).

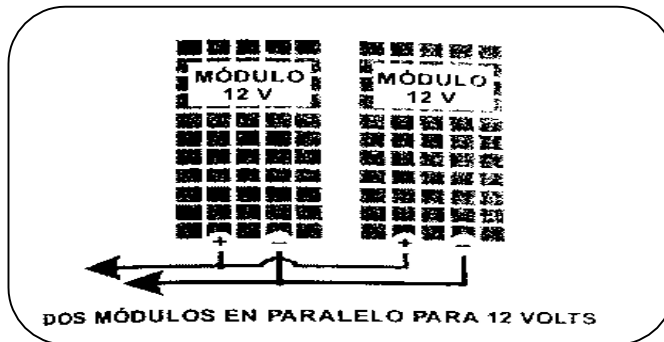
Por ejemplo si se va a operar el sistema a 12 voltios y se tienen varios paneles, estos se deberían conectar en paralelo para aumentar la potencia, sin cambiar el voltaje, pero si el voltaje de operación fuera a 24 voltios, estos se deberían primero conectar en serie para aumentar el voltaje al nivel deseado y luego conectar esos arreglos en paralelo para ampliar la potencia (Enríquez Harper, 2011).

Figura 2.23 Conexión de módulos en serie



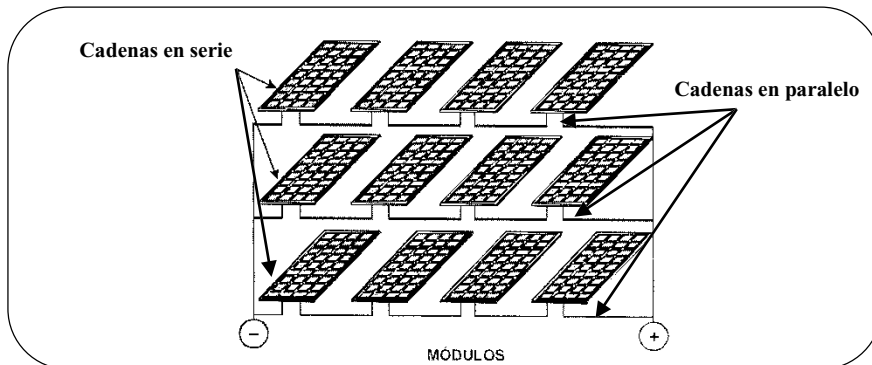
Fuente: Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág 127

Figura 2.24 Conexión de módulos en paralelo



Fuente: Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág 309

Figura 2.25 Conexión serie - paralelo



Fuente: Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág 128

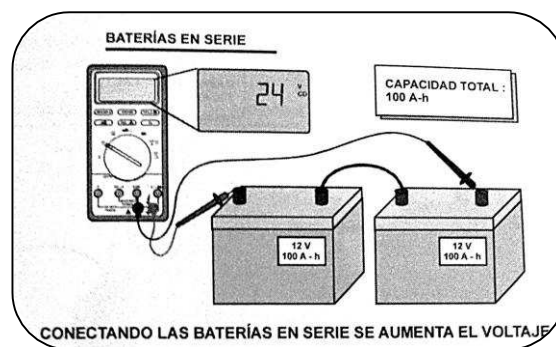
## 2.4.8 Conexión de las baterías

Los mismos principios que rigen la conexión de los paneles solares se aplican en las baterías, siendo las conexiones serie, paralelo y mixta las usualmente utilizadas, como se vio en el párrafo anterior la mediante la conexión serie se incrementa el voltaje, con la conexión paralelo aumentamos la corriente y al combinar ambas conexiones incrementamos el voltaje y la corriente hasta obtener valores que satisfagan a un de determinado proyecto.

### 2.4.8.1 Conexión serie.

Se realiza conectando el borne negativo de la primera batería al borne positivo de la segunda, y así sucesivamente se pueden conectar la cantidad de baterías necesarias hasta alcanzar en voltaje requerido; la desventaja de este sistema es que si una batería falla, toda la cadena también lo hará (Enriquez Harper, 2011).

Figura 2.26 Baterías en serie

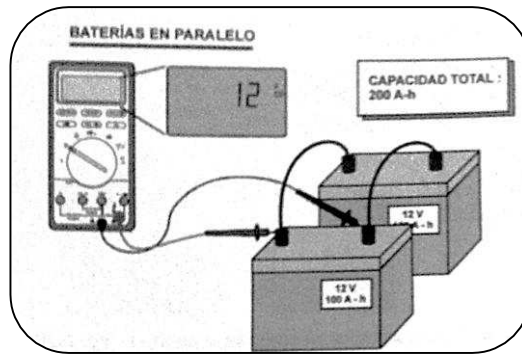


Fuente: Enriquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág 167

### 2.4.8.2 Conexión en paralelo

En esta conexión es necesario que se conecte entre si los bornes negativos con negativos y positivos con positivos de todas las baterías necesarias. Esta conexión tiene la ventaja que si llegase a fallar una batería no se afectara en mayor grado el resto del sistema (Enriquez Harper, 2011).

**Figura 2.27 Baterías en paralelo**

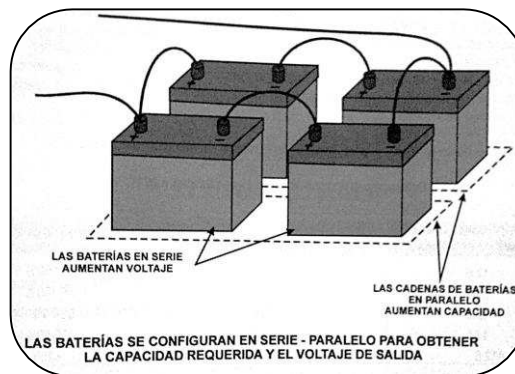


Fuente: Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág 168

### 2.4.8.3 Conexión serie-paralelo

Es la más utilizada en los sistemas fotovoltaicos, debido a que combina las características de las dos anteriores conexiones.

**Figura 2.28 Conexión serie-paralelo**



Fuente: Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág 169

## **2.5 Sistemas de iluminación**

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente ya que hace posible la visión del entorno, pero además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación y afectar el rendimiento visual, estado de ánimo y motivación de las personas. “El diseño de iluminación requiere comprender la naturaleza (física, fisiológica y psicológica) de esas interacciones y además, conocer y manejar los métodos y la tecnología para producir las, pero fundamentalmente demanda una fuerte dosis de intuición y creatividad para utilizarlas” (Raitelli, 2002, pág. 1).

### **2.5.1 Evolución de la iluminación**

Desde tiempos antiguos el hombre ha tenido la necesidad de iluminar los lugares en donde habitaba, por tal motivo se puede decir que el primer sistema de iluminación estuvo constituido por alguna forma de combustión: es decir por el fuego. “Las lámparas más antiguas aparecieron en el antiguo Egipto hacia el año 3000 a.C. y consistían en piedras ahuecadas rellenas de aceite, con fibras vegetales como mechas” (O’Donell, Sandoval, & Paukste, 2002, pág. 3).

La primera evolución en la iluminación se produjo con la Revolución Industrial, por la exigencia de aumentar las jornadas laborales, en esa época se utilizaban lámparas a base de aceite, sin embargo este periodo de la iluminación termina con el desarrollo de la lámpara eléctrica incandescente. “La primera lámpara eléctrica fue la lámpara de arco de carbón, presentada en 1801 por Humphrey Davy, aunque la luz eléctrica se impondría a partir del desarrollo de la lámpara incandescente por Joseph Swan (Inglaterra) y Tomás A. Edison (EE.UU.) trabajando independientemente” (O’Donell, et al, 2002, pág. 3). Desde ese momento hasta la actualidad las lámparas han evolucionado a pasos gigantescos, llegando incluso a haber diferentes tipos de lámparas para una aplicación específica.

A continuación se detallarán de los principales tipos de lámparas que se usan actualmente de acuerdo a su año de aparición, según O’Donell, et al. (2002):

Considerando las mejoras introducidas a la lámpara de Edison, la aparición de las lámparas de vapor de mercurio alrededor de 1930, la presentación de las lámparas fluorescentes en la Feria Mundial de 1939, la introducción de las lámparas de tungsteno halogenado alrededor de 1950, la aparición de las lámparas de sodio de alta presión y las de halogenuros metálicos en los años 1960, la introducción de las lámparas fluorescentes compactas en la década del 1970 hasta el surgimiento de las lámparas sin electrodos en los 1990. (pág. 4)

Como puede notarse en el párrafo anterior no hay información sobre las lámparas led, por lo tanto se procederá a rellenar ese vacío con la información tomada de Herranz Dorremocha, Ollé Martorell, & Jáuregui Sora (2011):

La aparición del primer LED comercial se produjo en 1962, si bien solo emitía luz roja tenue, por lo que únicamente se empezó a usar para señalización o como LED de funcionamiento en dispositivos electrónicos. A finales de la década de los años ochenta y principios de los noventa, además de los LED rojos, se desarrollan los LED amarillos, verdes, azules y, por tanto, los blancos. Se incrementa sustancialmente su rendimiento y en los años noventa la tecnología LED conquista la industria del automóvil y la industria de paneles luminosos (*displays*) para dispositivos electrónicos. En la (...) década, de 2000 a 2010, es cuando se incrementa exponencialmente el rendimiento de los LED blancos y se inicia la conquista de la industria de la iluminación. (pág. 37).

“En el 2013, el led alcanzó su último reto, al superar la máxima eficacia luminosa de las lámparas fluorescentes. Lo que, junto con sus otras ventajas, coloca al led al frente de todas las tecnologías en iluminación [para interiores]” (Gutierrez Fernández, 2014, pág. 4).

## **2.5.2 Conceptos básicos y magnitudes fundamentales**

Para entender las características de las lámparas que posteriormente se analizarán es necesario tener claro cada uno de los conceptos que en seguida se explicarán:

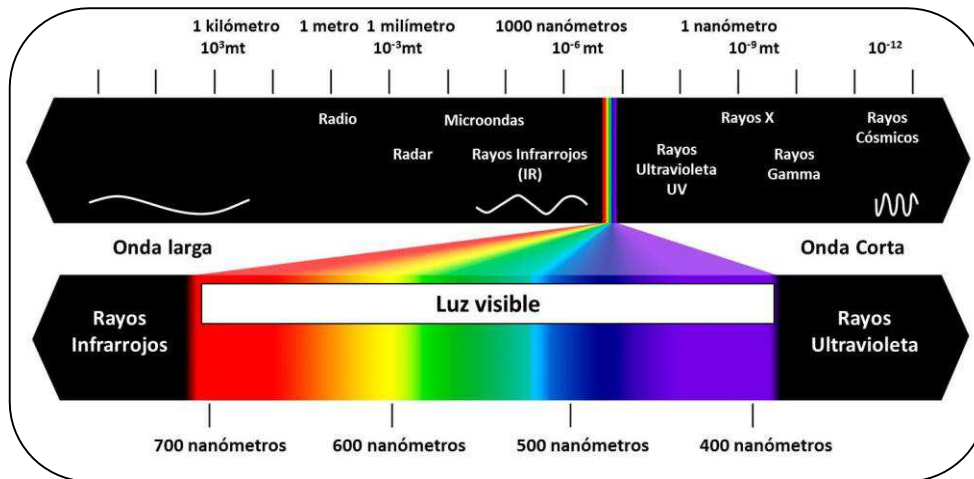
### **2.5.2.1 Naturaleza de la luz**

“El universo por doquier se encuentra rodeado por Ondas Electromagnéticas de diversas longitudes” (Laszlo, 2002, pág. 3). Por lo tanto la energía se propaga a través del espacio

mediante radiaciones electromagnéticas, estas radiaciones se identifican por su facultad de dispersión por cualquier medio, especialmente en el vacío, a una velocidad de 300000 km/s.

Por consiguiente “la luz es la porción de este espectro que estimula la retina del ojo humano permitiendo la percepción de los colores” (Laszlo, 2002, pág. 3).

**Figura 2.29 Espectro electromagnético**



Fuente: Manual de luminotecnia para interiores, Laszlo, 2002, pág. 3.

### 2.5.2.2 La visión del color

Como se ha planteado anteriormente, la luz no es más que una porción del espectro electromagnético que el órgano visual es capaz de distinguir. Y este espectro visible está comprendido entre las longitudes de onda que van desde los 380 nm a 780 nm, es decir entre la franja comprendida entre la luz ultravioleta e infrarroja, y fuera de esos límites el ojo humano no es capaz de percibir ningún tipo de radiación (Laszlo, 2002).

**Tabla 2.3 Longitud de onda visible por el ojo humano.**

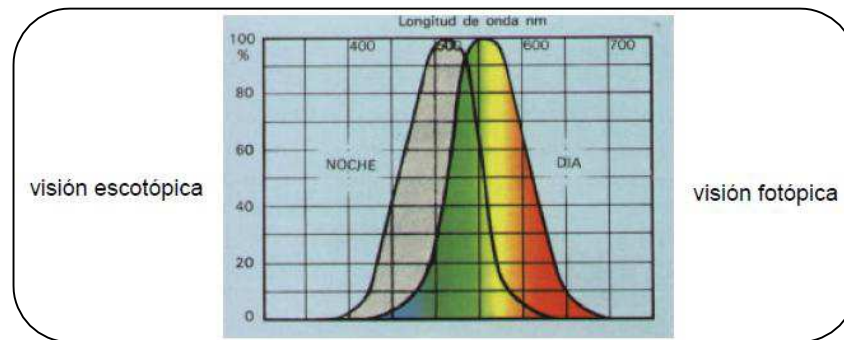
Longitud de onda de los colores que percibe el ojo	
Color	Longitud de onda
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-780

Fuente: Elaboración propia



El ojo no es igualmente sensible a la energía de todas las longitudes de onda o colores, “la sensibilidad del ojo a las distintas longitudes de onda de la luz del mediodía soleado, suponiendo a todas las radiaciones luminosas de igual energía, se representa mediante una curva denominada “*curva de sensibilidad del ojo*” o “*curva  $V\lambda$* ” (Laszlo, 2002, pág. 5).

**Figura 2.30 Curva  $V\lambda$  y efecto Purkinje**



Fuente: Laszlo, Manual de luminitecnica para interiores, 2002, pág. 5

Como puede observarse en la figura, el ojo tiene su máxima sensibilidad para la radiación cuya longitud de onda es de 555 nm que pertenece al color amarillo verdoso y la mínima sensibilidad será a los colores rojo y violeta. “Esta situación es la que se presenta a la luz del día o con buena iluminación y se denomina “*visión fotópica*” (actúan ambos sensores de la retina: los *conos*, fundamentalmente sensibles al color y los *bastoncillos*, sensibles a la luz)” (Laszlo, 2002, pág. 5). En cambio en la noche se utiliza la “*visión escotópica*”, en donde se origina el Efecto Purkinje, que básicamente lo que provoca es que la curva  $V\lambda$ , se mueva hacia los valores de longitudes más bajas. Como se aprecia en la figura 2.30, el ojo se torna más susceptible al color azul y poco más o menos ciego al color rojo.

Las propiedades de color de un sistema de iluminación son muy importantes debido a que las personas responden a los colores que ven a su alrededor, las propiedades de color de un cuerpo están determinadas por:

### 2.5.2.3 Temperatura de color

“La temperatura de color se mide en “*Grados Kelvin*” ( $K$ ) y se utiliza para señalar el color de las fuentes luminosas” (Laszlo, 2002, pág. 13), así, por ejemplo, si indicamos que cierta

lámpara tiene una temperatura de color de 5 000 °K, queremos decir que emite el mismo tono de luz que emitiría un cuerpo negro calentado a esa temperatura. Como se ve, se expresa en grados Kelvin (°K) y da información sobre las tonalidades de la luz.

**Tabla 2.4 Temperatura de color**

<b>Temperatura de color de diferentes lámparas</b>	
<b>Tipo de lámpara</b>	<b>°K</b>
Incandescente	2100 a 3200
Fluorescente de luz día	6000
Fluorescente de blanco cálido	3000
Mercurio a alta presión	3500
Luz mezcla	3600
Sodio de baja presión	1800
Sodio de alta presión	2000
Halogenuros metálicos	3000 a 6000
Cielo azul	10000 a 30000
Luz cálida – iluminación led	2900 a 3000
Luz fría – iluminación led	6000 a 6500

Fuente: Elaboración propia, a partir d datos tomados de Laszlo, Manual de luminitecnica para interiores 2002, pág 13

“La elección de la temperatura de color de un sistema de iluminación es una cuestión psicológica y estética, depende del nivel de iluminación, la presencia o ausencia de luz natural, del clima exterior y (...), de la preferencia personal” (FENERCOM, 2006, pág. 27). Por tanto es muy importante tener en cuenta este parámetro al momento de realizar un proyecto de iluminación ya que según Malcolm, 2012: “La luz provoca en el ser humano reacciones físicas y emocionales” (pág. 10).

**Tabla 2.5 Apariencia del color según su temperatura**

<b>Temperatura de color (°K)</b>	<b>Apariencia de color</b>
1500 – 3000	Muy Cálido
3100 – 4500	Blanco cálido
4600 – 5500	Luz día/Blanco neutro
5600 – 6500	Blanco Frío
6600 – 8500	Blanco Muy Frío

Fuente: Elaboración propia

#### 2.5.2.4 Índice de reproducción cromática

Las propiedades de una fuente de luz, se valorizan mediante el “Índice de Reproducción Cromática” (IRC) o CRI (“Color Rendering Index”). Por lo tanto el índice de reproducción cromática es la capacidad que presenta una fuente luminosa de permitir una buena apreciación de los colores sobre el objeto iluminado. En otras palabras “el color es luz...no existe el color sin luz” (Laszlo, 2002, pág. 7). Cuanto más uniforme y completa sea la composición espectral de la radiación de un iluminante, mejor quedarán reproducidos los colores. Un objeto iluminado por dos lámparas de color e iluminación similares puede presentar aspectos distintos si estas tienen un índice de reproducción cromática distinto. Su valor se expresa en porcentaje y, para calcularlo, se toma como referencia el cuerpo negro, que tiene una radiación completa en todo el espectro visible, al que se asigna un valor de 100.

**Tabla 2.6 Índice de reproducción cromática**

<b>Índice de reproducción cromática</b>		
<b>Grado</b>	<b>Índice</b>	<b>Nivel de reproducción</b>
1A	90 a 100	Excelente
1B	80 a 89	Muy bueno
2A	70 a 79	Bueno
2B	60 a 69	Moderado
3	40 a 59	Regular
4	Inferior a 40	Bajo

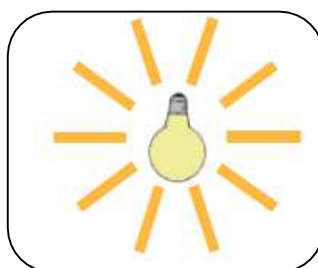
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos tomados de la Asociación Española de Fabricantes de Iluminación, 2015, pág. 33)

Una vez aclarados los anteriores conceptos, es momento de explicar las siguientes magnitudes ya que para que exista iluminación, es preciso contar con una fuente productora de luz, un elemento que iluminar y un espectador:

#### 2.5.2.5 Flujo luminoso (lumen)

“Es la cantidad de flujo energético en las longitudes de onda para las que el ojo humano es sensible emitido por unidad de tiempo, es decir, expresa la cantidad de luz emitida por la fuente en un segundo” (FENERCOM, 2006, pág. 47). El flujo luminoso también puede definirse como la potencia luminosa emitida por una lámpara.

**Figura 2.31 Flujo Luminoso**



Fuente: Laszlo, Manual de luminitecnica para interiores, 2002, pág. 23

### 2.5.2.6 Rendimiento luminoso (lumen/vatio)

Cuando encendemos una lámpara, no toda la energía transformada es aprovechada para la producción de luz visible, ya que gran parte se pierde en calor y en radiaciones no visibles. Se denominará rendimiento o eficacia luminosa al flujo que emite una fuente luminosa por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

**Figura 2.32 Eficacia de varias fuentes de luz**

Tipo de lámpara	Eficacia (lm/w)	Tiempo de vida (h)	IRC
Halógena	20	1.200	100
Halogenuros metálicos	70 – 108	15.000	90
Fluorescente	60 – 100	8.000	80
Sodio de baja presión	120 – 200	16.000	25
Sodio de alta presión	95 – 130	28.000	45
Led	90 – 120	>50.000	>75

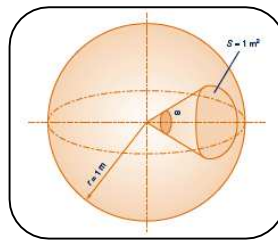
Fuente: elaboración propia a partir de datos tomados de Herranz Dorremochea, et al, La iluminación con led y el problema de la contaminación luminica, 2011, pág. 37

Teóricamente “una fuente luminosa (...), que pudiera radiar toda la energía que recibe, como luz monocromática amarilla verdosa, en la región de máxima sensibilidad, produciría aproximadamente 680 lúmenes por vatio (teniendo en cuenta que un 1vatio-luz a 555 nm equivale a 680 lm). Una fuente luminosa (...) de luz blanca produciría 220 Lúmenes por vatio” (Álvarez , 2010).

### 2.5.2.7 Intensidad luminosa (candela)

Es la cantidad de luz emitida o radiada por una fuente luminosa durante un segundo en una explícita dirección del espacio. “La dirección se indica mediante el ángulo sólido ( $\omega$ ) o ángulo estéreo que corresponde a un cono cuyo eje es la dirección en que se considera la intensidad, medido en estereorradianes” (FENERCOM, 2006, pág. 47).

Figura 2.33 Ángulo sólido



Fuente: Laszlo, Manual de luminitecnica para interiores, 2002, pág. 27

### 2.5.2.8 Iluminancia (lux)

“Indica el flujo luminoso que recibe una superficie por unidad de área. La Iluminancia Mantenido ( $E_m$ ) es el valor por debajo del cual no se permite que caiga la iluminancia media en una superficie determinada, para la realización de una tarea” (FENERCOM, 2006, págs. 47 - 48 ). Se puede calcular la iluminancia mediante la siguiente fórmula:

$$lx = \frac{lumen}{m^2}$$

### 2.5.2.9 Iluminación eficiente

Es común tener la idea que una iluminación eficiente está relacionada con suministrar luz en las cantidades necesarias para satisfacer las necesidades visuales, sin embargo en la actualidad se sabe que la luz está directamente relacionada con la salud y comodidad de las personas, además es importante destacar que con el avance tecnológico han surgido equipos que permiten controlar y utilizar la energía de forma eficiente, entonces podemos decir que:

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales, crea también ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, emplea apropiadamente los recursos tecnológicos (fuentes luminosas, luminarias, sistemas ópticos, equipos de control, etc.), hace un uso racional de la energía para contribuir a minimizar el impacto ecológico y ambiental; todo esto por supuesto, dentro de un marco de costos razonable, que no solamente debe incluir las inversiones iniciales sino también los gastos de explotación y mantenimiento. (Raitelli, 2002, pág. 1)

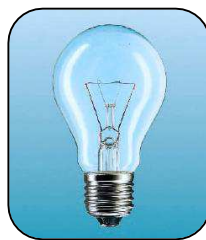
### **2.5.3 Fuentes luminosas**

“Actualmente en el alumbrado artificial se emplean casi con exclusividad las lámparas eléctricas. Existen distintos tipos de fuentes de luz, la elección de un tipo u otro depende de las necesidades concretas de cada aplicación” (FENERCOM, 2006, pág. 16). A continuación se hará referencia a las principales características de las lámparas hoy por hoy utilizadas, en este grupo también se incluirán las lámparas incandescentes, a pesar de que actualmente están en desuso.

#### **2.5.3.1 Lámparas incandescentes**

“Su funcionamiento se basa en hacer pasar una corriente eléctrica por un filamento de wolframio hasta que alcanza una temperatura tan elevada que emite radiaciones visibles por el ojo humano” (Álvarez , 2010, pág. 301). El principal problema de estas lámparas es su elevado consumo energético a más de que su rendimiento luminoso es muy bajo, por tal motivo se están dejando de usar y se han reemplazado por lámparas más eficaces y eficientes.

**Figura 2.34 Lámpara incandescente estándar**



Fuente: Fundación de la energía de la comunidad de Madrid, Guía técnica de iluminación eficiente ,2006, pág.

Entre las principales características tenemos:

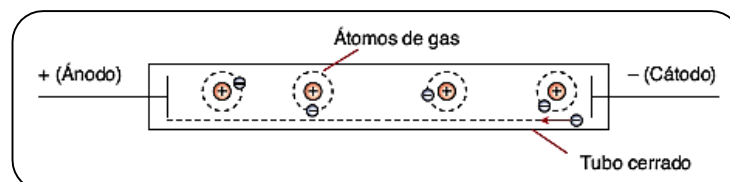
- El rendimiento luminoso es muy bajo, del orden de 10 a 20 Lm/W.
- La temperatura de color es de 2 700 °K.
- El rendimiento cromático es del 100 %.
- La duración es de unas 1 000 h.
- La posición de funcionamiento es universal.
- No precisan ningún equipo auxiliar para su encendido.

### 2.5.3.2 Lámparas de descarga

Constituyen una forma de producir luz de manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Las lámparas de descarga se basan en el fenómeno de la luminiscencia. “La luz se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas (arco eléctrico) entre dos electrodos. A diferencia de la incandescencia, la tecnología de descarga necesita un equipo auxiliar (balasto, cebador) para su funcionamiento” (FENERCOM, 2006, pág. 16).

El fenómeno de *luminiscencia* se suele provocar acelerando electrones por medio de un campo eléctrico, es decir que cuando un electrón con una velocidad elevada choca contra un átomo es capaz de excitar ese átomo, haciendo pasar alguno de sus electrones a un nivel de energía superior. Tenemos un tubo transparente en cuyo interior hay un gas adecuado. El tubo dispone en sus extremos de electrodos conectados a una fuente de tensión continua. Llamaremos ánodo al electrodo unido con el polo positivo y cátodo al unido con el polo negativo.

Figura 2.35 Efecto de la luminiscencia



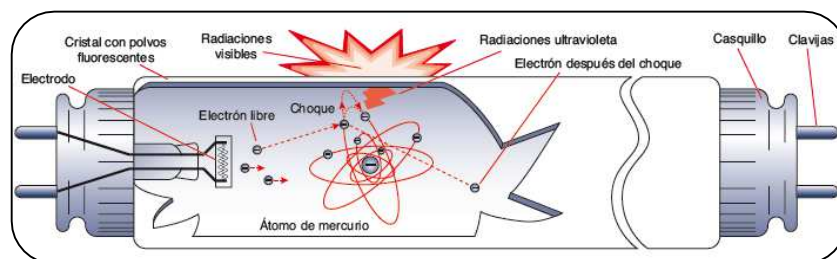
Fuente: Fundación de la energía de la comunidad de Madrid, Guía técnica de iluminación eficiente, 2006, pág. 16

Al aplicar tensión, los electrones libres del interior del tubo son atraídos por el electrodo positivo o ánodo. En su recorrido, los electrones colisionan con los átomos del gas provocando el efecto de luminiscencia. Los primeros electrones libres se producen por los propios electrodos, ya que van revestidos de sustancias que los difunden fácilmente, como el barrio o el cesio. Al aplicar corriente alterna la discrepancia es que cada uno de los electrodos trabajará alternativamente como ánodo o como cátodo. Sin embargo el efecto es el mismo.

### 2.5.3.2.1 Lámparas fluorescentes tubulares

“Son lámparas de descarga en mercurio de baja presión, en la cual la luz es generada mediante polvos fluorescentes o fósforo activados por la radiación ultravioleta de la descarga” (Álvarez , 2010, pág. 303). Su efecto luminoso se fundamenta en el fenómeno de la fluorescencia, la cual es una cualidad que poseen explícitas sustancias en facultad de la cual convierten las radiaciones no visibles que inciden sobre ellas, habitualmente ultravioletas (causadas por el fenómeno de luminiscencia), en radiaciones visibles.

**Figura 2.36 Constitución de una lámpara fluorescente tubular**

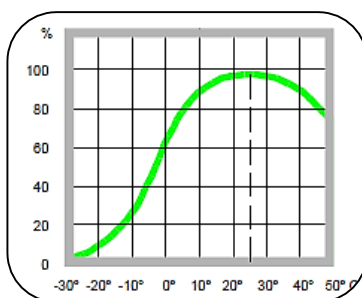


Fuente: Fundación de la energía de la comunidad de Madrid, Guía técnica de iluminación eficiente ,2006, pág. 16

Las cualidades de color y su baja luminancia las hacen idóneas para interiores de altura reducida. “El rendimiento de este tipo de lámparas es del orden de 60 a 90 lúmenes por vatio y su vida útil es del orden de las 7500 horas” (Álvarez , 2010, pág. 305). Y el flujo luminoso es aproximadamente siete veces superior al de las lámparas incandescentes de la misma potencia. Sin embargo, el tubo fluorescente “tiene su punto débil que es la temperatura. Ya que se trata de una fuente de luz diseñada para trabajar a una temperatura de 25 °C, las temperaturas superiores o inferiores (...), reducen su emisión de flujo luminoso” (Laszlo, 2002, pág. 37).



**Figura 2.37 Variación del flujo luminosa en función de la temperatura**



Fuente: Laszlo, Manual de luminotecnia para interiores 2002, pág. 37

#### 2.5.3.2.2 Lámparas fluorescentes compactas (CFLs)

“Poseen el mismo funcionamiento que las lámparas fluorescentes tubulares y están formadas por uno o varios tubos fluorescentes doblados. Son una alternativa de mayor eficacia y mayor vida a las lámparas incandescentes” (FENERCOM, 2006, pág. 17).

**Figura 2.38 Mini Lynx espiral alta potencia**

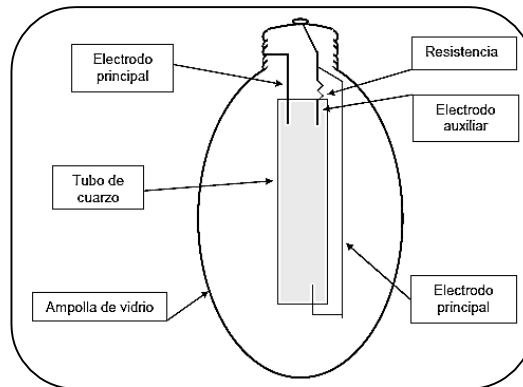


Fuente: Catálogo de luminarias 2016, Sylvania, 2016, pág. 132

#### 2.5.3.2.3 Lámparas de vapor de mercurio de alta presión

En este caso el gas en el que se origina la descarga es mercurio vaporizado. “La descarga se produce en un tubo de cuarzo que contiene una pequeña cantidad de mercurio y relleno de gas inerte (Argón). El tubo exterior que lo protege, tiene una cubierta de polvo fluorescente que convierte la radiación ultravioleta en radiación visible” (Álvarez , 2010, pág. 306).

**Figura 2.39 Lámpara de vapor de mercurio de alta presión**



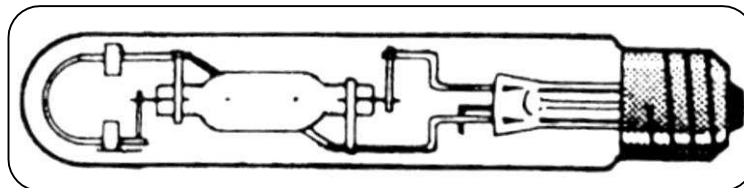
Fuente: Manual de luminotecnia, Julio Álvarez , 2010, pág. 306.

Su eficacia es de 40 a 60 lúmenes por vatio, y su vida útil de 16000 a 24000 horas. Por tal razón se suelen emplear en iluminación de grandes áreas (calles, industrias, etc.).

#### 2.5.3.2.4 Lámparas de vapor de mercurio halogenado

“Similares a las anteriores, contiene aditivos de yoduros metálicos (indio, sodio) que proporcionan una mayor eficacia y rendimiento en color. La vida útil de la misma es de 6000 a 8000 horas” (Álvarez , 2010, pág. 306).

**Figura 2.40 Lámparas de vapor de mercurio halogenado**



Fuente: Manual de luminotecnia, Julio Álvarez , 2010, pág. 308.

#### 2.5.3.2.5 Lámparas de vapor de sodio a baja presión

La descarga eléctrica se produce en un tubo de vapor de sodio a baja presión generándose una radiación habitualmente monocromática. “Actualmente son las lámparas más eficaces del mercado (...), las de menor consumo eléctrico; sin embargo, su uso está limitado a aplicaciones en las que el color de la luz (...) no sea relevante como son autopistas, túneles, (...)” (FENERCOM, 2006, pág. 18).

**Figura 2.41 Lámparas de vapor de sodio a baja presión**



Fuente: Fundacion de la energía de la comunidad de Madrid, Guia tecnica de iluminacion eficiente, 2006, pág. 18

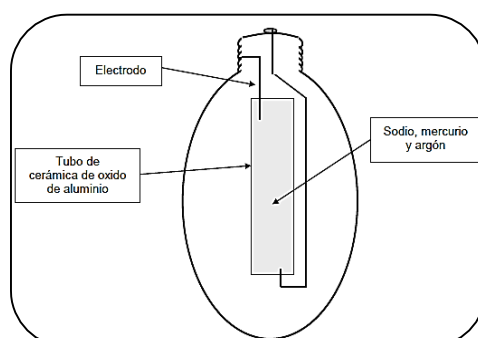
### 2.5.3.2.6 Lámparas de vapor de sodio a alta presión

En este tipo de lámpara se reduce la eficacia comparadas con las de sodio a baja presión, sin embargo ésta sigue siendo más alta que otros tipos de lámparas, pero la ventaja es que aumenta el IRC, por tal motivo son muy utilizadas en comercios e industrias (FENERCOM, 2006).

De acuerdo a Álvarez (2010):

El tubo de descarga se compone de cerámica de óxido de aluminio muy resistente al calor (aproximadamente 1000 °C), conteniendo componentes de mercurio, sodio y gas noble (argón) con excedente de sodio para lograr mejores condiciones de saturación. El vapor de mercurio reduce la conducción de calor del arco de descarga a la pared del tubo y aumenta la tensión del arco. Para el encendido se necesita aplicar tensiones elevadas de 2 a 5 kV, lo cual se logra con un balasto y un aparato de encendido. (pág. 309)

**Figura 2.42 Lámparas de vapor de sodio a baja presión**



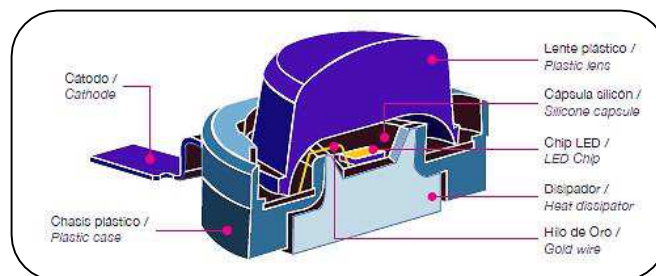
Fuente: Manual de luminotecnía, Julio Álvarez , 2010, pág. 310.

### 2.5.3.3 Lámparas de tecnología led

La realidad del cambio climático hace que el uso de la energía a escala mundial se halle bajo intensa disputa por buscar soluciones para reducir gases de efecto invernadero por lo que la utilización de Leds es una alternativa para aplacar el impacto ambiental. “La tecnología LED se está poniendo hoy en día a flote, por lo que en la actualidad se pretende sustituir las lámparas tradicionales (incandescentes u fluorescentes) por la razón de su mayor consumo de potencia, haciendo que los Leds pasen a un primer plano ya que su consumo de potencia es aproximado a un 40% menos que las lámparas tradicionales” (Déleg, 2011, pág. 1). Pero ¿qué son los leds?

Una definición bastante acertada es la siguiente: “Un led (Light Emitting Diode) es un dispositivo semiconductor que emite luz casi monocromática cuando se polariza de forma directa y es atravesado por una corriente eléctrica (ANFALUM, 2015, pág. 19)”. Es decir que son fuentes de luz de estado sólido constituidos de semiconductores que convierten en luz visible la corriente eléctrica que circula por ellos, siendo una de sus principales características su eficiencia en comparación con las fuentes luminosas tradicionales utilizadas en interiores.

**Figura 2.43 Estructura interna de un diodo led**



Fuente: Catálogo de luminarias 2016, Sylvania, 2016, pág. 4

#### 2.5.3.3.1 Principio de funcionamiento de los leds.

Los leds generan radiación visible de un modo bastante diferente en comparación con otras fuentes de luz, ya que en ellos rige el efecto llamado electroluminiscencia, fenómeno mediante el cual se transforma la energía eléctrica en radiación visible. Donde “un bajo voltaje de corriente continua (CC) circula a través de dos capas de material semiconductor. Esto resulta en la generación de fotones de luz de un reducido rango de frecuencias”

(Greenpeace, 2008, pág. 2). Este semiconductor se aloja dentro de una caja epoxi, que lo protege contra golpes y además funciona como un sistema óptico que enfoca la luz producida

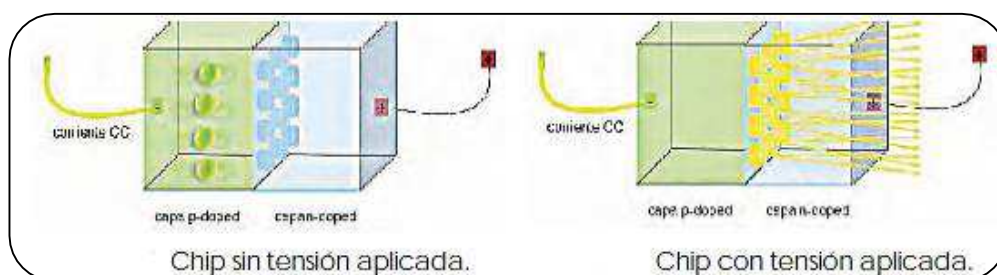
**Figura 2.44 Estructura de un led**



Fuente: Tecnología Led, Déleg, 2011, pág. 1

El chip es la parte más importante de un led, “es una pieza de un material semiconductor (normalmente carburo de silicio) de unos 5 milímetros, capaz de generar luz cuando se le aplica corriente. Sobre esta base de carburo de silicio (o en ocasiones de zafiro) se depositan en forma de vapores diferentes materiales, cuya mezcla es la que da el color y la calidad de la luz. El chip se protege del exterior mediante una carcasa de cristal o policarbonato” (IDAE, 2012, párr 5). El color de la luz dependerá del material semiconductor empleado y de las características del tipo de dopante (impurezas) que se le añade, por lo tanto para conseguir luz azul se utiliza el nitruro de indio y galio (InGaN), para tonalidades naranjas, amarillas y rojas, se utiliza aluminio, galio, indio (AlGaInP) y para tonos amarillos y verdes el fosfuro de galio (GaP) (IDAE, 2012).

**Figura 2.45 Funcionamiento de un chip led**



Fuente: Guía sobre tecnología led en el alumbrado, ANFALUM, 2015, pág. 21

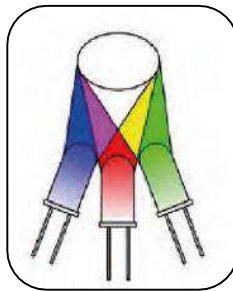
### 2.5.3.3.2 Generación de luz blanca

Por luz blanca se entiende todas aquellas fuentes emisoras que se sitúan en una zona determinada dentro del diagrama cromático. Según ANFALUM (2015): “No existe material de LED que pueda generar luz blanca directamente, la luz blanca se consigue mezclando varios colores únicos, existen dos formas de conseguir esta luz blanca” (pág. 36). Los sistemas para conseguir la luz blanca son:

#### ➤ **Primer sistema:**

Básicamente consiste en mezclar la luz monocromática producida por diferentes colores de chips, estos colores son el verde, rojo y el azul, una vez que se combinen sus colores se obtiene el color blanco (ANFALUM, 2015).

**Figura 2.46 Primer método para conseguir luz blanca**



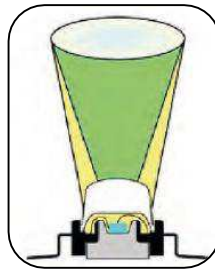
Fuente: Guía sobre tecnología led en el alumbrado, ANFALUM, 2015, pág. 36

Debido al bajo índice de reproducción cromática y al alto costo de producción, este método está en desuso.

#### ➤ **Segundo sistema:**

“Consiste en utilizar un chip azul con una capa de fósforo amarilla, exactamente como se hace con la fluorescencia, es decir, se aplica el mismo principio. Y en función de la mezcla de los fósforos se obtienen LED con diferentes temperaturas de color” (ANFALUM, 2015, pág. 37). De esta manera se obtiene luz blanca pero el índice de reproducción cromática es del 70%, es decir que no reproduce bien los colores, sin embargo si en vez de utilizar la capa de fosforo amarilla se utilizara una mezcla de fósforos rojos y verdes en conjunto del chic azul, se obtiene luz blanca con un IRC mayor del 80%, aunque su flujo luminoso es menor.

**Figura 2.47 Segundo método para conseguir luz blanca**



Fuente: Guía sobre tecnología led en el alumbrado, ANFALUM, 2015, pág. 36

### 2.5.3.3.3 Disposiciones de los leds

Existen dos maneras de montar los leds en una placa de circuito impreso, estos métodos son:

- **Tecnología Chip on Board (COB):** Los diferentes componentes del LED (chip, hilo de unión) se montan sobre la placa de circuito impreso.

**Figura 2.48 Módulo COB**



Fuente: Guía sobre tecnología led en el alumbrado, ANFALUM, 2015, pág. 46

- **Tecnología de montaje en superficie (SMD):** Los diferentes componentes del LED son premontados en cápsulas. La unidad se suelda a la placa de circuito impreso como una única pieza.

**Figura 2.49 Módulo SMD**



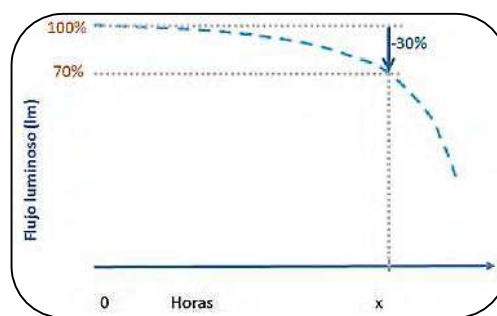
Fuente: Guía sobre tecnología led en el alumbrado, ANFALUM, 2015, pág. 46

#### 2.5.3.3.4 Estándares de los sistemas de iluminación LED

##### ➤ *Vida útil de un led*

La vida útil de un producto de iluminación LED se define como el tiempo que dura el producto hasta que el flujo inicial del sistema se haya degradado un 30%. Cuando se llega a este punto de degradación se considera que el producto ha llegado al final de su vida útil. Se representa mediante L70.

**Figura 2.50 Disminución del flujo luminoso con el tiempo**

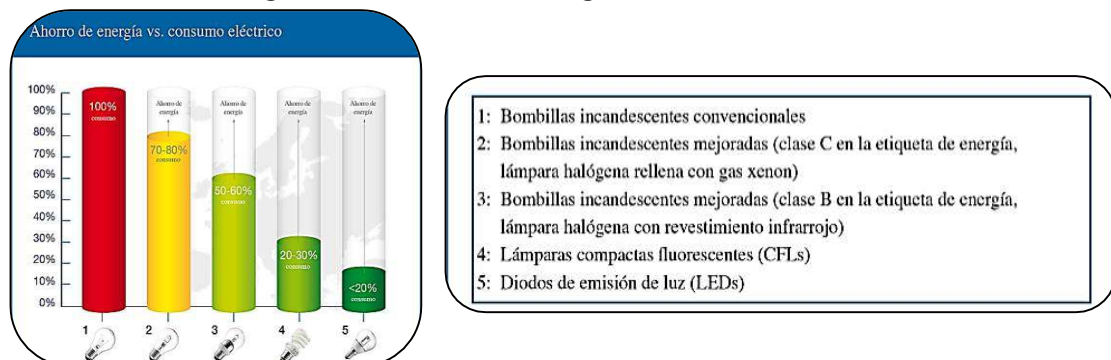


Fuente: Guía sobre tecnología led en el alumbrado, ANFALUM, 2015, pág. 51

##### ➤ *La eficiencia energética del sistema LED*

“Los focos LED son altamente eficientes y nos pueden generar ahorros desde un 70% y hasta un 90% respecto a los focos comunes incandescentes y/o las lámparas de sodio o de mercurio, y hasta un 30% con respecto a los focos ahorradores” (ETECNO, 2014, pág. 12). Gracias a estas características podemos obtener un rápido retorno a la inversión o lo que también se le llama un mejor costo-beneficio.

**Figura 2.51 Clasificación energética de fuentes de luz**



Fuente: Guía sobre tecnología led en el alumbrado, ANFALUM, 2015, pág. 52



➤ *Las equivalencias entre LED y tecnologías tradicionales*

En la siguiente tabla se muestra de manera aproximada los niveles de flujo luminoso útiles que tiene que alcanzar las lámparas LED reflectoras que reemplazan las tecnologías tradicionales.

**Figura 2.52** Tabla de equivalencias de lámparas no direccionales

EQUIVALENCIAS	BOMBILLA INCANDESCENTE	HALOGENAS HALOGENAS	HALOGENAS TIPO PAR	BOMBILLAS BAA0 CONSUMO	TUBO FLUORESCENTE	FOCO HALOGENURO	VAPOR DE SODIO	LUMENES (lm)
	<b>POTENCIA LED</b>	2 W	20 W		6 W			
3 W		35 W		8 W				180 - 270
5 W		40 W		11 W				240 - 420
6 W		50 W		13 W	12 W			390 - 550
7 W		60 W		15 W	14 W			510 - 640
9 W		70 W		18 W	18 W			600 - 830
10 W		80 W		20 W	20 W	50 W		810 - 950
12 W		100 W		25 W	25 W	60 W		900 - 1100
13 W		110 W		30 W	28 W	70 W		955 - 1200
15 W		120 W		40 W	32 W	75 W		1000 - 1400
18 W		140 W		50 W	36 W	90 W		1100 - 1700
20 W		150 W		60 W	44 W	120 W		1200 - 1900
25 W		200 W		70 W	58 W	150 W		1250 - 2400
30 W		250 W		80 W	70 W	170 W		1300 - 2500
35 W		300 W		90 W		180 W		1350 - 2800
50 W	350 W		100 W		200 W	100 W	2440 - 4500	
80 W	400 W		150 W		250 W	150 W	3600 - 7500	
100 W	500 W		200 W		300 W	250 W	5100 - 9500	
120 W	550 W		250 W		350 W	300 W	6000 - 11000	
150 W	700 W		300 W		500 W	400 W	7500 - 14000	

Fuente: Guía sobre tecnología led en el alumbrado, ANFALUM, 2015, pág. 53

Como se aprecia en la figura anterior, utilizando lámparas led se obtiene un mayor flujo luminoso consumiendo menor potencia.

2.5.3.3.5 *Ventajas de la iluminación led*

A continuación se hará referencia a las principales características de los Leds según ANFALUM, 2015:

- Eficacia luminosa cuya evolución los sitúa actualmente en 100 lm/W y la tendencia es seguir creciendo hasta posiblemente alcanzar los 200 – 230 lm/W.
- Alta eficacia de color conseguida en los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul, y blanco, y además buena reproducción cromática (Ra = 80).
- Larga vida útil que oscila entre 50.000 y 100.000, lo que significa que su funcionamiento es altamente confiable.

- Resistencia a golpes y vibraciones dado que sus componentes son muy compactos, pudiendo trabajar en condiciones mecánicas adversas.
- Sin radiaciones perjudiciales ya que emiten prácticamente luz visible, evitando la radiación ultravioleta y sin apenas radiación infrarroja. Los materiales de un LED son totalmente reciclables.
- A menor consumo de energía, menor emisión de gases invernaderos (pág. 20)

Como se puede observar los led poseen características interesantes a pesar de ser una tecnología que aun se encuentra en desarrollo.

#### ***2.5.3.4 Comparación entre lámparas de tecnología convencional Vs. Lámparas de tecnología led***

Las lámparas de tecnología led ofrecen mayor rendimiento que las lámparas convencionales, ya que al consumir menos potencia, producen menos contaminación ambiental y asimismo representan un gran ahorro económico. ANFALUM (2015), expresa que:

Las fuentes de luz tradicionales se basan en tecnologías maduras que han evolucionado mucho desde sus comienzos para poder ofrecer sus cualidades actuales. La investigación en la mejora de estas fuentes continúa activa, de tal forma que los fabricantes podrán ofrecer mejores prestaciones y mayores eficacias luminosas en el futuro, pero el potencial de mejora que presentan no es tan alto como en los LED, tecnología muy joven, susceptible, por lo tanto, de evolucionar mucho en los próximos años. (pág. 64)

Entre las principales ventajas de las lámparas led, frente a las convencionales tenemos:

- Mayor tiempo de vida.
- Tamaño reducido.
- Mayor durabilidad.
- Resistencia a las vibraciones.
- Reducen la emisión de calor.
- No contienen mercurio (el cual al exponerse en el medio ambiente es altamente venenoso).
- Cuentan con mejor índice de reproducción cromática

- Son especiales para utilizarse con sistemas fotovoltaicos (paneles solares)
- No les afecta el encendido intermitente (es decir pueden funcionar como luces estroboscópicas) sin reducir su vida promedio.
- Cuentan con un alto nivel de fiabilidad y duración.
- Los leds tienen la ventaja de poseer un tiempo de encendido muy corto (aproximadamente en un cuarto de segundo).
- Y lo más importante, el bajo consumo de energía” (ETECNO, 2014, págs. 4-5)

**Figura 2.53 Tecnología convencional Vs. Tecnología led**

Tecnología Convencional	VS.	Tecnología Led
<b>Incandescente</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo Costo.</li> <li>• Excelente reproducción de color.</li> <li>• Tiempo muy corto de vida (1.000hrs).</li> <li>• Altamente Ineficiente.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vida promedio 15.000 hrs.</li> <li>• Eficacia de hasta 77 lm/W</li> <li>• No es sensible a las vibraciones IRC &gt; 80.</li> </ul>
<b>Fluorescente</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo Costo.</li> <li>• Presenta problemas en conmutación a altas frecuencias.</li> <li>• Presenta problemas de operación a temperaturas bajas.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es sensible a los ciclos de switcheo de la red eléctrica.</li> <li>• No contiene mercurio.</li> <li>• Presenta un mejoramiento en temperaturas bajas.</li> </ul>
<b>Fluorescente Compacto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía eficiente.</li> <li>• Presenta problemas de operación a temperaturas bajas.</li> <li>• Presenta problemas de operación IRC.</li> <li>• Presenta problemas en Temperaturas de color sensible.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vida Promedio hasta 15.000hrs. / IRC &gt; 80.</li> <li>• Encendido Instantáneo.</li> <li>• Existe variación en el flujo luminoso a distintas temperaturas. / No contiene Mercurio.</li> <li>• No es sensible a ciclos de switcheo de la red eléctrica.</li> <li>• Su óptica permite un mejor control de la luz.</li> </ul>
<b>Halógeno</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente reproducción de color.</li> <li>• Eficacia muy baja.</li> <li>• Altamente Ineficiente.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin radiación UV.</li> <li>• Vida promedio hasta 25.000hrs.</li> <li>• Luz completamente direccional y sin pérdidas en su óptica.</li> <li>• No es sensible a las vibraciones.</li> </ul>

Fuente: Catálogo de lámparas led 2015. Obtenido de [https:// www.sylvania.com](https://www.sylvania.com)

#### 2.5.4 Normativa en iluminación.

La Norma Europea UNE-EN 12464-1, respecto a la iluminación de los **lugares de trabajo en interior**, define los parámetros recomendados para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades. Las recomendaciones de esta norma, en términos de cantidad y calidad

del alumbrado, contribuyen a diseñar sistemas de iluminación que cumplen las condiciones de calidad y confort visual, y permite crear ambientes agradables para los usuarios de las instalaciones. El objetivo es conseguir una mayor eficiencia energética en las instalaciones de los edificios reduciendo hasta un 22 % los consumos específicos. Como ejemplo, las tablas siguientes muestran los parámetros recomendados por la norma para Edificios de Oficinas, en Restaurantes y Hoteles.

**Tabla 2.7 Iluminación requerida en oficinas**

Oficinas				
Lugar o Actividad	Em (lux) <sup>(1)</sup>	UGR <sub>L</sub> <sup>(2)</sup>	Ra <sup>(3)</sup>	Observaciones
Archivos, copiadoras, áreas de circulación	300	19	80	
Lectura, escritura, mecanografía, proceso de datos	500	19	80	Acondicionar las pantallas de visualización
Dibujo Técnico	750	16	80	
Diseño asistido (CAD)	500	19	80	Acondicionar las pantallas de visualización
Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	
Puestos de recepción	300	22	80	
Almacenes	200	25	80	
Pasillos y vías de circulación	100	28	40	
Servicios y aseos	100	25	80	
Salas de descanso	100	22	80	

Fuente: Guía técnica de iluminación eficiente FENERCOM, 2006, pág. 24

**Tabla 2.8 Iluminación requerida en restaurantes y hoteles**

Restaurantes y Hoteles				
Lugar o Actividad	Em (lux) <sup>(1)</sup>	UGR <sub>L</sub> <sup>(2)</sup>	Ra <sup>(3)</sup>	Observaciones
Recepción, caja, conserjería, buffet	300	22	80	
Cocinas	500	22	80	Debería haber una zona de transición entre cocina y restaurante
Restaurante, comedor, salas de reuniones, etc.	—	—	80	El alumbrado debería ser diseñado para crear la atmósfera apropiada
Restaurante Autoservicio	200	22	80	
Sala de conferencias	500	19	80	El alumbrado debería ser controlable
Pasillos	100	25	80	Niveles inferiores aceptables durante la noche

Fuente: Guía técnica de iluminación eficiente FENERCOM, 2006, pág. 24

### 2.5.5 Cálculo de alumbrado - Método de los Lúmenes

“El nivel de iluminación de un local, viene dado en función de la iluminancia media en el plano de trabajo, que se toma de 0,75 a 0,85 m del nivel de piso. Su nivel se fija de acuerdo a la tarea a realizar y en función de las dimensiones del lugar” (Álvarez , 2010, pág. 343).

El valor de la iluminancia media se lo obtiene con la siguiente expresión:

$$E_{med} = \frac{\Phi t}{A} \cdot \eta \cdot fm$$

Donde:

*E<sub>med</sub>*: Nivel medio de iluminación en lux

*Φt*: Flujo luminoso total de todas las luminarias [Lumen]

*A*: Superficie total del plano de trabajo [m<sup>2</sup>]

*η*: Factor de utilización para el plano de trabajo

*fm*: Factor de mantenimiento

Para poder analizar el factor de utilización para el plano de trabajo, es necesario calcular el **Índice del local**, éste se lo obtiene de la siguiente manera:

$$K = \frac{a \cdot b}{hm (a + b)}$$

Siendo:

*a*: longitud del local [m]

*b*: ancho del local [m]

*hm*: Altura de montaje de la luminaria con respecto al plano de trabajo [m]

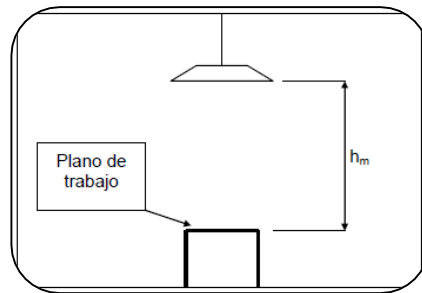
La **altura de montaje** de la luminaria se la calcula así:

$$h = \frac{4}{5} (h' - 0,85)$$

Donde:

*h'*: altura del local

**Figura 2.54 Altura del plano del trabajo**



Fuente: Luminotecnia, Álvarez , 2010, pág. 314

Luego de haber calculado el índice del local se deben determinar los *coeficientes de reflexión*, para ello se debe hacer uso de la tabla que se muestra a continuación:

**Tabla 2.9 Coeficientes de reflexión**

	Color	Factor de reflexión ( $\rho$ )
<b>Techo</b>	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
<b>Paredes</b>	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
<b>Suelo</b>	claro	0.3
	oscuro	0.1

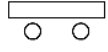
Fuente: Luminotecnia, Álvarez , 2010, pág. 315

Se puede escoger en su defecto: 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo.

Con estos valores ya se puede obtener *el factor de utilización*, para lo cual se deben hacer uso de tablas proporcionadas por los fabricantes, sin embargo hay que tener en cuenta que “las luminarias led aportan mayor factor de utilización  $F_u = \text{luz recibida} / \text{luz generada}$  por la lámpara o un factor de utilización más cercano a la unidad  $U = \text{luz recibida} / \text{luz emitida}$  por la luminaria” (Herranz Dorremochea et al., 2011, pág. 38).

Las tablas utilizadas para obtener el factor de utilización son parecidas a la siguiente:

**Tabla 2.10 Tabla para obtener el factor de utilización**

Forma de la Luminaria	Distancia entre centros de los artefactos	Techo	80%		70%		50%				
		Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
		Índice del local	Factor de utilización								
Artefacto abierto con tubos fluorescentes 	1,4 x Altura del artefacto sobre el suelo	< 0,70	0,27	0,21	0,17	0,27	0,21	0,17	0,22	0,20	0,17
		0,70 a 0,90	0,35	0,30	0,24	0,35	0,30	0,24	0,34	0,28	0,24
		0,90 a 1,12	0,43	0,36	0,30	0,41	0,35	0,31	0,40	0,34	0,30
		1,12 a 1,38	0,49	0,42	0,37	0,49	0,42	0,36	0,46	0,40	0,36
		1,38 a 1,75	0,55	0,47	0,42	0,53	0,47	0,41	0,50	0,44	0,40
		1,75 a 2,25	0,62	0,55	0,50	0,60	0,53	0,49	0,57	0,52	0,47
		2,25 a 2,75	0,67	0,61	0,56	0,66	0,60	0,55	0,62	0,57	0,52
		2,75 a 3,50	0,71	0,65	0,60	0,70	0,63	0,59	0,65	0,61	0,56
		3,50 a 4,50	0,76	0,71	0,66	0,74	0,69	0,65	0,69	0,65	0,62
> 4,50	0,81	0,76	0,71	0,78	0,74	0,70	0,73	0,69	0,67		

Fuente: Luminotecnia, Álvarez , 2010, pág. 314

Otro dato importante es el **factor de mantenimiento**, según Álvarez (2010):

En todo sistema de alumbrado hay una pérdida en la emisión luminosa de las lámparas por envejecimiento de las mismas, por acumulación de suciedad en la lámpara o en el artefacto.

Lo mismo ocurre con el ensuciamiento de los techos y paredes, o con la reposición en tiempo de las lámparas quemadas.

El factor de mantenimiento tiene en cuenta estos hechos y en cierta medida contempla un mantenimiento programado, ya que de no ser así al cabo de un tiempo el nivel luminoso proyectado se verá reducido a valores no compatibles con la tarea que se está desarrollando. (pág. 315)

De acuerdo con lo antes dicho, podemos utilizar los siguientes valores:

**Tabla 2.11 Factor de mantenimiento**

Local limpio	0,8
Local medianamente limpio	0,7
Local sucio	0,6

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de Luminotecnia, Álvarez , 2010, pág. 316

Una vez obtenido el factor de utilización y adoptado un factor de mantenimiento determinamos podemos obtener el **número de luminarias** con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{E_{med} \cdot A}{\eta \cdot fm \cdot \Phi_l}$$

Donde:

*N*: número de luminarias

*E<sub>med</sub>*: Nivel medio de iluminación en lux

*Φ<sub>l</sub>*: Flujo luminoso de la luminaria elegida [Lumen]

*A*: Superficie total del plano de trabajo [m<sup>2</sup>]

*η*: Factor de utilización para el plano de trabajo

*fm*: Factor de mantenimiento

“La ubicación de las luminarias debe ser acorde a la simetría del local, no debiendo estar distanciadas en valores no mayores que los recomendados en las tablas que nos dan los factores de utilización de acuerdo al tipo de luminaria” (Álvarez , 2010, pág. 316)



## CAPÍTULO 3

### 3 Diseño del sistema solar fotovoltaico con iluminación led

Una vez determinados todos los conceptos que intervienen en este proyecto, se mostrarán a continuación los resultados de los cálculos realizados para dimensionar el sistema solar fotovoltaico que alimentará la carga comprendida de luminarias led, en un edificio residencial en Manta; el edificio en cuestión está en planes de construcción cuya ubicación será en el sector de Santa Marianita, para dimensionar el SFA es necesario conocer cuál es la potencia que va a alimentar.

Como ya se vio en el capítulo anterior hay que realizar una serie de cálculos para obtener el número de lámparas necesarias para iluminar correctamente un determinado lugar, dependiendo de las condiciones de iluminación requeridas; es decir que estos cálculos se realizarán utilizando el método de los lúmenes. El edificio está dividido en:

- Planta estacionamiento
- Planta baja
- Primer piso
- Segundo piso
- Tercer piso
- Cuarto piso
- Quinto piso
- Terraza

Todos los resultados correspondientes al sistema de iluminación, que se mostrarán se efectuaron utilizando una plantilla realizada por el autor de este proyecto en el programa Excel. En primer lugar se determinó el número de lámparas que se necesitarían si se utilizaran lámparas convencionales CFLs y cuántas utilizando lámparas LED, también se obtuvo el nivel de iluminancia existente con estos tipos de lámparas en cada uno de los pisos del edificio, en los **Anexos 1 y 2** se muestran más detallados los valores obtenidos, luego se efectuó el análisis técnico económico con el fin de mostrar las diferencias existentes entre los tipos de lámparas estudiados.

### 3.1 Resultado de cálculos para determinar el número de lámparas requeridas

Mediante los cálculos realizados utilizando el método de los lúmenes en la plantilla Excel se consiguieron los resultados que se mostrarán en la siguiente tabla. En ella se detallan los diferentes lugares en que está dividido el edificio, con el propósito de determinar el número de lámparas requeridas respetando los diferentes niveles de iluminación que necesita cada lugar de trabajo.

Tabla 3.1 Cantidad total de lámparas requeridas en el edificio

<i>Nivel</i>	<i># de lámparas CFLs</i>	<i># de lámparas LED</i>
<b>Planta-estacionamiento</b>	69	63
<b>Planta baja</b>	47	46
<b>Primer piso</b>	55	54
<b>Segundo piso</b>	55	54
<b>Tercer piso</b>	50	54
<b>Cuarto piso</b>	44	44
<b>Quinto piso</b>	44	43
<b>Terraza</b>	8	11
<b>Escaleras</b>	40	40
<b>TOTAL</b>	<b>412</b>	<b>409</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que la cantidad de lámparas que se necesitarían en el edificio son aproximadamente las mismas independientes si son convencionales o led, sin embargo la potencia consumida en un día varía bastante dependiendo de las lámparas que se vayan a utilizar, tal como se apreciará a continuación.

### 3.2 Energía consumida dependiendo de la cantidad y tipo de lámpara a utilizar.

Para obtener la energía total consumida en un día, es necesario determinar la potencia instalada y las horas al día que se van a utilizar de la siguiente manera:

$$\text{Potencia instalada} = \text{cantidad de lámparas} * \text{potencia individual}$$

$$\text{Watts hora/día} = \text{Potencia instalada} * \text{horas de uso al día}$$

Una vez definidos estos valores es sencillo obtener el valor final de la energía consumida en un día, los resultados se muestran a continuación:

En los **Anexos 3 y 4** se detallan los números de hora utilizar y la potencia de los tipos de lámparas tanto de las CFLs como de las LED. Con el fin de apreciar los resultados obtenidos se realizó la siguiente tabla comparativa:

**Tabla 3.2 Tabla comparativa de consumos diarios**

<b>Tipo de lámpara</b>	<b>Energía consumida diariamente (Kwh/día)</b>
Convencional CFL	56,496
Led	28,719

Fuente: Elaboración propia

El uso de la tecnología led, a más de no emitir radiaciones perjudiciales hacia el ser humano, representa otras ventajas, tal como se puede evaluar en la tabla 3.2, la utilización de los led representa aproximadamente un 50% de ahorro energético en comparación con la utilización de lámparas convencionales CFLs, y por lo tanto equivale también a un ahorro económico anual considerable, tal como se verá inmediatamente.

### **3.3 Ahorro energético y económico anual utilizando lámparas led**

Para determinar el ahorro anual, es preciso aclarar que el edificio en cuestión está destinado a personas de clase media-alta, y un valor promedio de consumo para estos usuarios es de aproximadamente 500 kwh o más al mes, y de acuerdo al Pliego Tarifario emitido por el (ARCONEL, 2016), el valor del Kwh será de 0,1285 ctvs., por lo tanto con ese valor se obtuvieron los siguientes valores.

#### **3.3.1 Gasto económico anual utilizando lámparas convencionales CFLs.**

Conociendo el valor del Kwh y asumiendo que el consumo de energía diario es estable a lo largo del año, es muy fácil obtener el consumo de energía y gasto anual utilizando lámparas fluorescentes compactas de la siguiente manera:

$$\text{Energía de consumo diario} = 56,496 \frac{\text{kwh}}{\text{día}}$$

$$\text{Energía de consumo mensual} = 56,496 \frac{\text{kwh}}{\text{día}} * 30 \text{ dias} = 1694,88 \frac{\text{kwh}}{\text{mes}}$$

$$\text{Energía de consumo anual} = 56,496 \frac{\text{kwh}}{\text{día}} * 365 \text{ dias} = 20621,04 \frac{\text{kwh}}{\text{año}}$$

Una vez determinada la energía que se consumirá en el transcurso de un año, se procederá a calcular el gasto anual por el servicio eléctrico:

$$\text{Gasto anual} = 20621,04 \frac{\text{kwh}}{\text{año}} * 0,1285 \frac{\text{dólares}}{\text{kwh}} = 2649,80364 \frac{\text{dólares}}{\text{año}}$$

Estas cifras indican que utilizando lámparas fluorescentes se consumirán 20621.04 kwh/año, lo cual equivalen a pagar por el servicio eléctrico aproximadamente 2650 dólares.

### 3.3.2 Gasto económico anual utilizando lámparas LED.

Se calculó el gasto económico anual utilizando lámparas led de la misma manera como se realizó el cálculo con lámparas fluorescentes, con el fin de realizar una comparación de los resultados conseguidos.

$$\text{Energía de consumo diario} = 28,719 \frac{\text{kwh}}{\text{día}}$$

$$\text{Energía de consumo mensual} = 28,719 \frac{\text{kwh}}{\text{día}} * 30 \text{ dias} = 861,57 \frac{\text{kwh}}{\text{mes}}$$

$$\text{Energía de consumo anual} = 28,719 \frac{\text{kwh}}{\text{día}} * 365 \text{ dias} = 10482,435 \frac{\text{kwh}}{\text{año}}$$

Una vez determinada la energía que se consumirá en el transcurso de un año con las lámparas led, se procedió a calcular el gasto económico anual.

$$\text{Gasto anual} = 10482,435 \frac{\text{kwh}}{\text{año}} * 0,1285 \frac{\text{dólares}}{\text{kwh}} = 1349,99 \frac{\text{dólares}}{\text{año}}$$

Obtenidos los resultados finales se efectuó la comparación entre ellos, cuyas resultados se presentarán en la siguiente tabla:

**Tabla 3.3 Ahorro anual de las lámparas led**

Tipo de lámpara	Energía de consumo anual (Kwh/año)	Valor por pago de la energía consumida (\$)
CFL	20621,04	2650
LED	10482,435	1350
<b>AHORRO</b>	<b>10138,605</b>	<b>1302</b>

Fuente: Elaboración propia

Una vez analizados los resultados se llegó a la conclusión de que las lámparas led, representan un significativo ahorro tanto energético como monetario, ya que este tipo de lámparas consumen menos potencia, produciendo un flujo luminoso mayor que las lámparas convencionales de la misma potencia. Sin embargo también es importante realizar un análisis sobre el costo de adquisición de este tipo de lámparas frente a las convencionales, tal como se mostrará en los siguientes cálculos, ya que actualmente las lámparas convencionales poseen un menor valor de adquisición que las led.

### 3.4 Análisis de costo de adquisición de las lámparas analizadas.

Antes de mostrar los resultados obtenidos, es preciso saber que las lámparas led tienen un promedio de vida mucho mayor que las lámparas convencionales, en este proyecto se han propuesto lámparas led con un promedio de vida de 15.000 horas, es muy importante tener en cuenta este dato, ya que para este mismo periodo de tiempo utilizando lámparas fluorescentes, éstas se deberían reemplazar un determinado número de veces, por lo tanto en primer lugar se calculó el número de reemplazos comparado al lapso de vida de una lámpara led.

$$\# \text{ de reemplazos} = \frac{15.000 - 8.000}{8000} \approx 1 \text{ reemplazo}$$

Este valor quiere decir, que a más del costo inicial de la lámpara fluorescente es necesario volver a colocar este valor, ya que en comparación con las lámparas led, éstas deben ser reemplazadas una vez. En la siguiente tabla se visualizará y entenderá mejor lo antes dicho.

**Tabla 3.4 Tabla de reemplazos y costo de adquisición de las lámparas fluorescentes**

ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	V. UNIT	COSTO DE REEMPLAZO	V. TOTAL
1	56	Full spiral t2 15w 6500k	2,5	2,5	280
2	94	Full spiral t2 20w 6500k	3,4	3,4	639,2
3	131	Full spiral t2 25w 6500k	3,98	3,98	1042,76
4	41	Spiral t3 32w 6500k	8,45	8,45	692,9
5	24	Spiral t4 42w 6500k	12,45	12,45	597,6
6	66	Fo32w t8 6500k	2,8	2,8	369,6
7	160	Ojo de buey redondo empotrable 2xe27	15		2400
<b>SUBTOTAL</b>					6022,06
<b>IVA</b>					12% 722,6472
<b>TOTAL</b>					\$ 6744,7072

Fuente: Elaboración propia

En la anterior tabla se detallan los precios individuales de cada lámpara, asimismo se tomó en cuenta el costo de reemplazo, y también se añadió el costo de las luminarias downlight, ya que en ellas van a ir colocadas las lámparas fluorescentes, dando un costo total de 6744,71 dólares. En la siguiente tabla se detallará el costo de las lámparas led, teniendo en cuenta que aquí no hubo un costo adicional de reemplazo ya que se supone que ellas durarán 15.000 horas.

**Tabla 3.5 Costo de adquisición de las lámparas led**

ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	V. UNIT	V. TOTAL
1	185	Led v panel empotrable round 12w 6500k	18,25	3376,25
2	45	Led v panel empotrable round 18w 6500k	24,5	1102,5
3	26	Orbit 2 led downlight 5w	11,25	292,5
4	95	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	15,4	1463
5	58	Tubo led t8	12	696
<b>SUBTOTAL</b>				6930,25
<b>IVA</b>				12% 831,63
<b>TOTAL</b>				\$ 7761,88

Fuente: Elaboración propia

El costo de adquisición de las lámparas led es mayor comparado al de las lámparas fluorescentes, sin embargo como se vio en la tabla 3.3, existe un ahorro económico al utilizar lámparas led, entonces el desembolso extra que se hará para comprar las bombillas led se recuperará en menos de 1 año, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 3.6 Diferencia de gasto de adquisición entre lámparas fluorescentes y led**

<b>Tipo de lámpara</b>	<b>Gasto de adquisición</b>
LED	7761,88
CFL	6744,7072
<b>DIFERENCIA \$</b>	<b>1017,1728</b>

Fuente: Elaboración propia

$$\textit{T tiempo de recuperación} = \frac{\textit{Diferencia de costo de adquisición}}{\textit{Ahorro económico utilizando lámparas led}}$$

$$\textit{T tiempo de recuperación} = \frac{1017,2}{1302,8} = 0.8 \text{ años}$$

Por lo tanto se llega a la conclusión, de que las lámparas led representan tanto ventajas técnicas como económicas ante las lámparas convencionales CFLs, lo que en opinión de este autor las convierten en la futura tecnología de iluminación interior.

### **3.5 Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico autónomo (SFA)**

Con todos los cálculos que se han visto hasta el momento, ya se tiene una idea clara de que las lámparas led son una mejor alternativa que las lámparas convencionales CFLs, ya que representan un gran ahorro económico y energético, además de cuidar el medio ambiente ya que mediante ellas, se reducirá considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, sin embargo para dimensionar el sistema solar fotovoltaico, de todos los resultados que se mostraron en anteriores tablas, solo nos interesa la energía consumida al día (kwh/día) por las lámparas led, ya que es sistema solar va a estar encargado de proveer la energía necesaria al sistema de iluminación.

El tamaño del generador fotovoltaico debe asegurar que la energía pueda, como mínimo, igualar a la demanda requerida por la carga. Por lo que para dimensionar tanto los módulos

como las baterías de un sistema SFA, es necesario conocer las cargas a conectar, la potencia nominal de cada elemento y las horas diarias de funcionamiento, tal como se vio en cálculos anteriores.

Antes de mostrar los resultados obtenidos, en preciso aclarar que los cálculos realizados se obtuvieron mediante la metodología utilizada por Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011, pág 347.

### 3.5.1 Cálculo del consumo real de energía.

En la tabla 3.2 se determinó el consumo de energía de las lámparas led al día, sin embargo para el dimensionamiento de un SFA, éste no es más que un valor “teórico”, ya que se deben tomar en cuenta las pérdidas del sistema; para obtener el valor real del consumo energético es necesario dividir el valor teórico entre la eficiencia del inversor, en este caso se propone utilizar inversores Powerstar cuya eficiencia es del 90%; entonces tendremos:

$$E = \frac{Et}{\eta}$$

Donde:

E = Consumo real de energía.

$\eta$  = Eficiencia del inversor

$$E = \frac{28719}{0.9} = 31910 \frac{wh}{día}$$

Una vez obtenido el consumo real de la instalación fotovoltaica se procedió a calcular la potencia pico instantánea y el ciclo de trabajo del sistema.

### 3.5.2 Cálculo de potencia pico instantánea y el ciclo de trabajo del sistema

La potencia pico instantánea es igual a la sumatoria de todas las potencias individuales de los equipos instalados, operando simultáneamente, este valor se puede observar en el **Anexo**



$$Potencia\ pico\ instantánea = 5158\ w$$

Y el ciclo de trabajo está representado como el factor de carga:

$$Factor\ de\ carga = \frac{Carga\ promedio}{demanda\ máxima}$$

Y la carga promedio es igual a:

$$Carga\ promedio = \frac{Energía\ total}{24\ horas}$$

$$Carga\ promedio = \frac{28719}{24} = 1196,625\ w$$

Y la demanda máxima sería la potencia pico instantánea, una vez encontrados los valores se calculó el factor de carga:

$$Factor\ de\ carga = \frac{1196,625}{5158} = 0,23\ o\ 23\%$$

Este valor quiere expresar que el sistema se usará aproximadamente el 23% de las horas al día, es decir solo parte de la noche.

### 3.5.3 Dimensionamiento de los paneles solares.

Un dato muy importante para el dimensionamiento del SFA es el valor de las HSP (Horas Picos Solares), de acuerdo a CONELEC (2008), la radiación solar promedio en la ciudad de Manta es de 4,7 Kwh/m<sup>2</sup>, entonces las horas de sol equivalentes serán de 4,7 horas de pico solar, ya que:

$$H\left(\frac{kwh}{m^2}\right) = I\left(\frac{kw}{m^2}\right) \times HPS\ (h)$$

Una vez definido el valor de las HSP, se procedió a calcular el tamaño mínimo del arreglo solar, utilizando las siguientes expresiones:

$$Np = \frac{E}{0,9 \times Wp \times HPS}$$

Donde:

$E$  = Consumo real de energía

$Wp$  = Potencia pico del panel a utilizar

$HPS$  = Horas de pico solar

0,9 = Factor global de funcionamiento.

En este proyecto el panel fotovoltaico que se propone utilizar es el panel SIMAX policristalino de 300w, cuyas características eléctricas se muestran a continuación:

**Figura 3.1 Características eléctricas del panel policristalino SIMAX de 300w**

Electrical Characteristics										
Parameters	SP672-280		SP672-285		SP672-290		SP672-295		SP672-300	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Peak power [Wp] $P_{mpp}$	280W	208W	285W	212W	290W	215W	295W	219W	300W	226W
Open circuit voltage [V] $V_{oc}$	44.4	44.7	44.4	45.0	44.4	45.3	45.0	45.5	45.0	45.8
Maximum Power Voltage [V] ( $V_{mpp}$ )	29.5	37.2	35.8	37.4	35.8	37.4	36.3	37.8	36.3	38.0
Maximum Power Current [A] ( $I_{mpp}$ )	7.82	5.59	7.96	5.65	8.10	5.76	8.13	5.79	8.26	5.95
Short circuit Current [A] ( $I_{sc}$ )	8.45	5.94	8.60	5.99	8.71	6.06	8.78	6.12	8.93	6.25
Power Tolerance	0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%	
Module Efficiency (%)	14.5%		14.7%		14.9%		15.3%		15.5%	

Fuente: Energías Renovables Ecuador (ProViento, 2016)

Entonces el número de paneles necesarios en este proyecto fue de:

$$Np = \frac{31910}{0,9 \times 300 \times 4,7} = 26 \text{ paneles}$$

La energía diaria que puede entregarnos cada panel se la obtiene con la siguiente ecuación:

$$Ep = 0,9 \times Wp \times HPS$$

$$E_p = 0,9 \times 300 \times 4,7 = 1269 \text{ wh/día}$$

Y si quisiéramos saber el valor total de la energía disponible en nuestro sistema solar, solamente deberíamos multiplicar el valor anterior por el número total de paneles, así:

$$E_t = 1269 \times 26 = 32994 \text{ wh/día}$$

Como se puede observar la energía disponible es mayor que la energía que se va a consumir, por lo tanto podemos continuar realizando los siguientes cálculos.

Respecto a la **conexión de los módulos calculados en serie o paralelo**, teniendo en cuenta que el panel propuesto tiene una  $V_{\max}=36,3$  Volt., hacemos lo siguiente:

$$\text{No. de módulos en serie} = \frac{\text{Voltaje del sistema en D.C}}{\text{Voltaje nominal del módulo}}$$

En este caso, el voltaje nominal del sistema será de 24 voltios, por lo tanto:

$$\text{No. de módulos en serie} = \frac{24}{36,3} = 1 \text{ panel}$$

Una vez calculado el número de paneles en serie, se calculó el número de paneles en paralelo mediante la siguiente formula:

$$\text{No. de módulos en paralelo} = \frac{N_p}{\text{No. de módulos en serie}}$$

$$\text{No. de módulos en paralelo} = \frac{26}{1} = 26 \text{ paneles}$$

Por ende se conectarían 26 ramas en paralelo con un panel por cada rama.

### 3.5.4 Dimensionamiento de las baterías.

Como ya se aclaró en el capítulo anterior, las baterías son equipos esenciales en un sistema solar autónomo, ya que ellas son las encargadas de almacenar toda la energía proveniente del

sol, para ser utilizada cuando se lo requiera, en este proyecto en el que básicamente el sistema solar va a alimentar al sistema de iluminación del edificio, las horas en las cuales van a empezar a trabajar las baterías sería a partir de las 18h00. El cálculo para determinar el número de baterías se muestra a continuación.

En primer lugar hay que determinar la corriente requerida por el edificio, a partir de la energía consumida y del voltaje del sistema.

$$\text{Amperes hora/día} = \frac{\text{consumo real de energía}}{\text{voltaje del sistema}}$$

$$\text{Amperes} \frac{\text{hora}}{\text{día}} = \frac{31910}{24} = 1329,58 \text{ Ah}$$

Para obtener la capacidad del banco de baterías se hará uso de la siguiente expresión:

$$C_{nd}(\text{Ah}) = \frac{\text{Amperes hora/día} \times N}{Pd}$$

Donde:

$C_{nd}(\text{Ah})$  = Capacidad total del banco de baterías.

$N$  = Número de días de autonomía representado por el número de días que la instalación opera con irradiación mínima debido a los días nublados en forma continua.

$Pd$  = Profundidad de descarga diaria de la batería este valor se fija máximo en 80%.

Por consiguiente se obtuvo la capacidad del banco de baterías, tomando en consideración que la profundidad de descarga será del 70% y que el sistema no tendrá días de autonomía, ya que los días de autonomía son usadas en lugares en donde no hay accesibilidad a la red eléctrica, por tal motivo el banco de baterías se lo dimensionará para la carga consumida en un día.

$$\text{Capacidad del banco} = \frac{1329,58 \times 1}{0,7} = 1899,4 \frac{\text{Ah}}{\text{día}}$$

Con la capacidad total del acumulador se procedió a calcular la cantidad de baterías solares necesarias para satisfacer la energía del sistema autónomo, para ello debemos seleccionar la capacidad de la batería que se propone a utilizar en este proyecto, en este caso el acumulador será fue una batería tipo gel Ultracell UCG 150 Ah -12 voltios de ciclo profundo. Primero se obtuvo el número de baterías en paralelo.

$$\text{No. baterías en paralelo} = \frac{\text{Capacidad del banco}}{\text{Capacidad de la batería a utilizar}}$$

$$\text{No. baterías en paralelo} = \frac{1899,4}{150} \approx 13 \text{ baterías}$$

Luego se obtuvo el número de baterías en serie de la siguiente manera:

$$\text{No. baterías en serie} = \frac{\text{Voltaje del sistema en DC}}{\text{Voltaje de la batería a utilizar}}$$

$$\text{No. baterías en serie} = \frac{24}{2} = 2 \text{ baterías}$$

El número total de baterías se obtuvo multiplicando el número de baterías en serie por el número de baterías en paralelo.

$$\text{No. total de baterías} = \text{No. baterías en serie} \times \text{No. baterías en paralelo}$$

$$\text{No. total de baterías} = 13 \times 2 = 26 \text{ baterías}$$

Entonces para alimentar el sistema de iluminación del edificio, necesitarían 26 baterías de 150 Ah c/u.

**Figura 3.2 Batería Ultracell UCG 150-12**

UCG150-12	Physical Specification
	Part Number: UCG150-12
	Length: 485 ± 2 mm (19.09 inches)
	Width: 170 ± 2 mm (6.69 inches)
	Container Height: 240 ± 2 mm (9.45 inches)
	Total Height (with terminal): 240 ± 2 mm (9.45 inches)
	Approx Weight: Approx 44 kg

Fuente: Energías Renovables Ecuador (ProViento, 2016)

### 3.5.5 Dimensionamiento del controlador de carga.

Para dimensionar el regulador de carga es necesario conocer la Intensidad de corriente de cortocircuito de todo el arreglo solar y aplicarle un factor de seguridad del 25%, esta intensidad se calculó de la siguiente manera:

$$I_{SC-\text{arreglo}} = 1,25 \times I_{SC} \text{ de cada módulo} \times \text{No. de módulos en paralelo}$$

$$I_{SC-\text{arreglo}} = 1,25 \times 8,93 \times 26 = 290 \text{ Amp}$$

Para este proyecto se pretende utilizar el controlador TriStar MPPT 60 Amp, como se notó el controlador tan solo soporta 60 Amp, por tal motivo se deben poner en paralelo varios controladores para cumplir con la corriente requerida, para calcular el número de controladores se procedió de la siguiente manera:

$$\text{No. de controladores} = \frac{I_{SC-\text{arreglo}}}{I \text{ del controlador}}$$

$$\text{No. de controladores} = \frac{290}{60} \approx 5$$

Para cumplir con la Isc del arreglo se necesitarían 5 controladores conectados en paralelo.

**Figura 3.3 Especificaciones eléctricas del controlador TriStar MPPT 60 Amp**

<b>Electrical Specifications</b>		<b>Environmental Specifications</b>	
• Rated solar, load or diversion current:		• Operating ambient temperature:	
TriStar-45	45A	Controller	-40°C to +60°C
TriStar-60	60A	Meter	-40°C to +60°C
• System Voltage	12-48V	• Storage temperature:	-55°C to +85°C
• Accuracy	12/24V: ≤0.1% ±50mV	• Humidity:	100% (non-condensing)
	48V: ≤0.1% ±100mV	• Tropicalization:	Conformal coating on both sides of all printed circuit boards
• Min. voltage to operate	9V		
• Max. solar voltage (Voc)	125V		
• Self-consumption:			
Controller	<20mA		
Meter	7.5mA		

Fuente: Energías Renovables Ecuador (ProViento, 2016)

### 3.5.6 Dimensionamiento del inversor

Para alimentar las cargas en AC se usa un inversor del que se debe especificar lo siguiente:

- Voltaje en DC
- Voltaje en CA
- Potencia en Watts.

Para calcular la potencia del inversor solamente se deben tomar solamente las cargas en AC y aplicarle un margen de seguridad del 20%.

$$P_{inversor} = 1,2 \times P_{AC}$$

$$P_{inversor} = 1,2 \times 5158 \approx 6190 \text{ Watts}$$

En el edificio se pretenden utilizar 2 inversores uno de 2 Kw y otro de 4 Kw, con lo cual se suman una potencia de 6 Kw, marca POWERSTAR, se ha escogido este inversor ya que tiene la función de realizar transferencia automática entre las baterías y una entrada externa AC, esto es útil para sistemas fotovoltaicos en que la opción de recarga por la red es solo para disponer de energía en el caso de agotamiento de las baterías.

### 3.6 Análisis técnico económico del sistema solar fotovoltaico

La energía proveniente del sol es gratis, sin embargo los equipos para aprovecharla tienen costos elevados; por ende el costo de un proyecto fotovoltaico para generación eléctrica es elevado, por tal razón el desembolso inicial representa el principal inconveniente para implementarlo, a pesar de ser una tecnología renovable que ayudará a reducir grandes cantidades de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. A continuación se detallan los precios de los equipos para este proyecto en cuestión.

Tabla 3.7 Costo del SFA

COSTO DE EQUIPOS E INSTALACIÓN DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO				
ELEMENTO	MODELO	NUMERO DE EQUIPOS	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
PANEL SOLAR	SIMAX 156 SP672-300W	26	390	10140
CONTROLADOR DE CARGA	TS-MPPT-60	5	330	1650
INVERSOR	ZONHAN 4000 W	1	1200	1200
	ZONHAN 2000 W	1	700	700
BATERÍA	BATERÍA ULTRACELL UCG150-12 GEL DE CICLO PROFUNDO	26	330	8580
<b>PRECIO SSFV</b>				22070
INSTALACIÓN				3340,5
MATERIALES ADICIONALES (Tuberías, breakers, etc.)				1113,5
<b>PRECIO FINAL:</b>				<b>26724</b>

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de (ProViento, 2016)

#### 3.6.1 Costo real de la energía solar fotovoltaica y ahorro anual

Para conocer el ahorro energético y ahorro anual de la energía solar fotovoltaica es necesario conocer el ahorro energético anual del sistema, y teniendo en cuenta que el SFA va a alimentar al sistema de iluminación constituido por lámparas led, la energía que se obtuvo en cálculos anteriores ya no será energía consumida sino que será energía generada, entonces:



$$\mathbf{Energía\ anual\ generada} = 28,719 \frac{kwh}{día} * 365\ dias = 10482,435 \frac{kwh}{año}$$

Este valor expresa que utilizando el SFA anualmente se generará 10482,435 kwh, con este dato se procederá a determinar el ahorro anual utilizando este sistema, para este punto se tendrá especial atención que el edificio está destinado a usuarios de clase media-alta, entonces teniendo este dato se obtiene:

$$\mathbf{Ahorro\ anual} = 10482,435 \frac{kwh}{año} * 0,1285 \frac{dólares}{kwh} = 1347 \frac{dólares}{año}$$

La vida útil del sistema fotovoltaico depende directamente de la vida útil de sus elementos, sin embargo un valor estimado es de 25 años como vida promedio, para este lapso de tiempo se tendrá un ahorro energético que se calculará a continuación.

$$\mathbf{Energía\ generada} = 10482,435 \frac{kwh}{año} * 25 = 262060,875 \frac{kwh}{25\ años}$$

Y el ahorro económico en este mismo lapso de tiempo será de:

$$\mathbf{Ahorro} = 2649,8 \frac{dólares}{año} * 25 = 33674,8224 \frac{dólares}{25\ años}$$

Entonces el periodo de recuperación viene dado por:

$$\mathbf{Periodo\ de\ recuperación} = \frac{\mathbf{Costo\ del\ SFA}}{\mathbf{Ahorro\ anual}}$$

$$\mathbf{Periodo\ de\ recuperación} = \frac{26724\ dólares}{1347\ dólares/año} \approx 20\ años$$

De acuerdo a este valor se llega a la conclusión de que el SFA no es rentable desde el punto de vista económico, ya que el periodo de recuperación es muy alto.

### 3.6.2 Análisis de las emisiones de CO2 evitadas con el SFA.

Para realizar este análisis es imprescindible conocer el factor de emisión de CO2 por cada kwh producido en el Ecuador. Este factor de emisión sirve para establecer indicadores de sustentabilidad, como la huella de carbono o la huella ecológica. Es un parámetro básico en la planificación energética y en la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero. De acuerdo a Parra Narváez (2016): "El valor más reciente, (...), es 342.6 g CO<sub>2</sub>kWh<sup>-1</sup>." (pág. 5). Con este valor se realizaron los siguientes cálculos.

En primer lugar se determinó las emisiones de CO2 producidas por las lámparas analizadas en este proyecto sin tomar en cuenta el sistema solar fotovoltaico.

#### ➤ *Emisiones de CO2 producidas por las lámparas CFLs.*

En anteriores cálculos se obtuvo el consumo energético anual producido por estas lámparas, entonces:

$$\text{Toneladas de CO2} = 20621,04 \times \frac{0,342 \text{ Kg CO2}}{1 \text{ Kwh}} \times \frac{1 \text{ ton. CO2}}{1000 \text{ Kg CO2}} = 7,05 \text{ anual}$$

En un año utilizando estas lámparas se consumen 20621,04 kwh y se producen 7,05 toneladas de CO2, ahora se comparara este valor con el obtenido por las lámparas LED.

#### ➤ *Emisiones de CO2 producidas por las lámparas LED.*

Se procederá de la misma manera como se realizó en el anterior cálculo.

$$\text{Toneladas de CO2} = 10482,435 \times \frac{0,342 \text{ Kg CO2}}{1 \text{ Kwh}} \times \frac{1 \text{ ton. CO2}}{1000 \text{ Kg CO2}} = 3,58 \text{ anual}$$

Utilizando lámparas led se emitirían 3,58 toneladas de CO2 para producir 10482,4 kwh anuales; realizando una regla de tres simple se deduce que se reduciría en un 50,7% las emisiones de CO2 utilizando los diodos emisores de luz (led).

➤ ***Emisiones de CO2 evitadas utilizando el SFA.***

Como se determinó en anteriores cálculos la energía producida por el sistema solar en 25 años para alimentar el sistema de iluminación del edificio es de 262060,875 kwh, entonces las emisiones de CO2 evitadas serían de:

$$\text{Emisiones de CO2 evitadas} = 262060,875 \times \frac{0,342 \text{ Kg CO2}}{1 \text{ Kwh}} \times \frac{1 \text{ ton. CO2}}{1000 \text{ Kg CO2}} = 89,6 \text{ toneladas de CO2}$$

Con el SFA se producirían 262060,875 kwh lo cual equivale a evitar la producción de 90 toneladas de CO2 a la atmósfera en los 25 años de su utilización.

## CAPÍTULO 4

### 4 Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones

Respecto al sistema de iluminación se llega a la conclusión de que la utilización de lámparas LED representa un gran ahorro económico y energético en comparación con las lámparas convencionales fluorescentes compactas CFLs; a pesar de que aún no es una tecnología completamente desarrollada su bajo consumo energético, poco mantenimiento y larga vida útil dejan bien claro que este tipo de lámparas constituirán en un futuro los elementos claves en los sistemas de iluminación interior y probablemente también en iluminación exterior.

Si bien es cierto el costo de adquisición de este tipo de lámparas es mayor que las luminarias convencionales hay que tener en cuenta que su bajo consumo energético equivale a un ahorro económico anual en comparación con otras lámparas y por tanto el tiempo de recuperación será muy bajo, como ya se vio en los análisis realizados en este proyecto.

Al estudiar la radiación solar se puede concluir que el Ecuador al estar situado en la línea ecuatorial posee altos niveles de irradiación, sin embargo este recurso no ha sido debidamente aprovechando para la generación eléctrica, a pesar de ser una energía renovable que contribuiría a la disminución de los gases de efecto invernadero y por ende a combatir los problemas medioambientales.

El estudio efectuado en este proyecto determinó que no es factible desde el punto de vista económico la implementación del sistema solar fotovoltaico autónomo para alimentar el sistema de iluminación del edificio ya que el tiempo de recuperación es de 20 años, que representa aproximadamente el tiempo de vida útil del sistema solar, esto se debe al elevado costo de los equipos que intervienen en el mismo, sin embargo si tuviésemos en cuenta, a más del recurso económico el coste ambiental de cada fuente en la producción de energía la realidad fuese diferente, ya que se evitarían grandes cantidades de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera durante la vida útil del mismo.

Por otro lado al utilizar el sistema solar se evitaría la adquisición de un generador de emergencia para abastecer de energía al sistema de iluminación en caso de una falla de la red, y esto equivale a reducir en una parte el costo final del SFA, y desde ese punto de vista el proyecto sería más rentable, también se evitarían los picos de consumo ya que la energía producida por esta tecnología es completamente independiente a la red eléctrica pública.

Como conclusión final y en opinión personal de este autor, los sistemas solares en conjunto con las demás energías renovables no convencionales paulatinamente irán tomando importancia en la producción de energía eléctrica, llegando a convertirse en las futuras fuentes de energía no solo en el Ecuador sino a nivel mundial.

## **4.2 Recomendaciones**

Sería bueno que las personas se concientizaran por el cuidado ambiental, y empezaran a usar estas tecnologías verdes, ya que así sea su uso a pequeña escala contribuye al cuidado medioambiental.

El gobierno también debería promover el uso de las mismas realizando algún tipo de convenio con las empresas distribuidoras para reducir los costos de adquisición de los equipos, y así mejorar y transformar la matriz energética ya que la energía hidráulica no es la única energía renovable que se puede utilizar en el Ecuador.

En los sistemas solares fotovoltaicos es importante realizar un mantenimiento programado como mínimo 2 veces al año, para detectar posibles fallas en los equipos y así extender su vida útil, especialmente cerca de zonas costeras ya que la salinidad ocasionará una degradación más rápida en los elementos del sistema solar.

## Referencias Bibliográficas

- Álvarez, J. (8 de Abril de 2010). *Luminotecnia*. Recuperado el 31 de Agosto de 2016, de [https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/Apuntes\\_EyM/Capitulo\\_12\\_Luminotecnia.pdf](https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/Apuntes_EyM/Capitulo_12_Luminotecnia.pdf)
- ANFALUM. (29 de Mayo de 2015). *Guía sobre tecnología led en el alumbrado*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2016, de Asociación Española de Fabricantes de Iluminación: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-LED-en-el-alumbrado-fenercom-2015.pdf>
- APPA. (2009). *¿Qué es la biomasa?* Recuperado el 5 de Septiembre de 2016, de Asociación de Empresas de Energía Renovables: [http://www.appa.es/04biomasa/04que\\_es.php](http://www.appa.es/04biomasa/04que_es.php)
- APPA. (2009). *¿Qué es la energía fotovoltaica?* Recuperado el 5 de Septiembre de 2016, de Asociación de Empresas de Energía Renovables: [http://www.appa.es/09fotovoltaica/09que\\_es.php](http://www.appa.es/09fotovoltaica/09que_es.php)
- ARCONEL. (26 de Mayo de 2015). *Estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano 2014*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2016, de Agencia de Regulación y Control de la Electricidad: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/>
- ARCONEL. (1 de Enero de 2016). *Pliego Tarifario 2016*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2016, de Agencia de Regulación y Control de la Electricidad: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-2016-01-02-2016.pdf>
- CONELEC. (Agosto de 2008). *Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2016, de Consejo Nacional de Electricidad: [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf)
- Déleg, M. (19 de Enero de 2011). *Tecnología Led*. Obtenido de <http://www.biblioises.com.ar/Contenido/600/622/tecnologia-led-ensayo.pdf>
- Enriquez Harper, G. (2011). *El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos*. México: Limusa.
- Enriquez Harper, G. (2012). *Instalaciones Eléctricas Domésticas Convencionales y Solares Fotovoltaicas*. Mexico: Limusa.
- ETECNO. (8 de Agosto de 2014). *Sistemas de iluminación led*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2016, de [http://www.etcno.com.mx/presentaciones/presentacion\\_general\\_led.pdf](http://www.etcno.com.mx/presentaciones/presentacion_general_led.pdf)

- FENERCOM. (8 de Agosto de 2006). *Guía técnica de iluminación eficiente*. Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion-eficiente-sector-residencial-y-terciario-fenercom.pdf>
- Gasquet, H. (24 de Agosto de 2004). *Manual Teórico y Práctico sobre los sistemas fotovoltaicos*. Cuernavaca, Morelos, Mexico: El paso, Texas. Recuperado el 2016, de <http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/7097/7098/7099/7103/82474.pdf>
- Gómez Alonso, M. (2008). *Energía solar fotovoltaica*. Recuperado el 22 de Agosto de 2016, de [http://www.coitaoc.org/files/estudios/energia\\_solar\\_fotovoltaica\\_2e5c69a6.pdf](http://www.coitaoc.org/files/estudios/energia_solar_fotovoltaica_2e5c69a6.pdf)
- Greenpeace. (30 de Abril de 2008). *Iluminación Eficiente: primer paso hacia una revolución energética*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2016, de <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2008/4/leds.pdf>
- Grupo Elektra. (29 de Septiembre de 2014). *Diodos bypass y de bloqueo en paneles fotovoltaicos*. Obtenido de <http://www.grupoelektra.es/blog/wp-content/uploads/2014/09/como-somos-los-delektra-bypass-y-bloqueo.pdf>
- Gutierrez Fernández, M. C. (27 de Junio de 2014). *Iluminación led, ahorro, eficiencia e innovación*.
- Herranz Dorremochea, C., Ollé Martorell, J., & Jáuregui Sora, F. (10 de Mayo de 2011). *La iluminación con led y el problema de la contaminación lumínica*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2016, de <http://www.celfosc.org/biblio/general/herranz-olle-jauregui2011.pdf>
- ICAI. (2 de Junio de 2015). *Componentes del sistema fotovoltaico*. Recuperado el 22 de Agosto de 2016, de Escuela Técnica Superior de Ingeniería: <http://www.sunedisonemea.com>
- IDAE. (23 de Julio de 2012). *Viaje al interior de una lámpara LED: el chip, fuente de luz*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2016, de Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía: <http://lediagroup.com/tecnologia-led/viaje-al-interior-de-una-lampara-led-el-chip/>
- INER. (2016). *Análisis de oportunidades de investigación desarrollo e innovación en eficiencia energética y energías renovables en Ecuador. Un enfoque desde el sector académico*. Quito, Ecuador. Recuperado el 4 de Septiembre de 2016
- INER. (2016). *Energías Renovables*. Recuperado el 22 de 08 de 2016, de Instituto Nacional de Energías Renovables y Eficiencia Energética: <http://www.iner.gob.ec/solar/>

- Laszlo, C. (7 de Diciembre de 2002). *Manual de luminotecnia para interiores*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2016, de [http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual\\_de\\_Luminotecnia.PDF](http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF)
- Malcolm, I. (2012). *Iluminacion en interiorismo*. (R. Cano Camarasa, Trad.) Barcelona, España: Blume. Recuperado el 30 de Agosto de 2016
- MEER. (Enero de 2014). *Energías renovables en el Ecuador*. Recuperado el 22 de Agosto de 2016, de Ministerio de Electricidad y Energías Renovables: <http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/PLAN-ESTRAT%C3%89GICO-2.pdf>
- MICSE. (5 de Enero de 2016). *Balance Energético Nacional 2015*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2016, de Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos: <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Resumen-Balance-Energe%CC%81tico-20151.pdf>
- O'Donnell, B., Sandoval, J., & Paukste, F. (17 de Junio de 2002). *Fuentes Luminosas*. Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>
- Parra Narváez, R. (2016). Factor de emisión de CO2 debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001 - 2014. *Avances en ciencias e ingeniería*, 6. doi:<http://dx.doi.org/10.18272/aci.v7i2.269>
- Perpiñán Lamigueiro, O. (Marzo de 2013). *Energía solar fotovoltaica*. Obtenido de <http://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf>
- PNUD. (2002). *Manuales sobre energía renovable-Solar Fotovoltaica*. Recuperado el 22 de Agosto de 2016, de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: <http://www.bunca.org/publicaciones/FOTOVOLT.pdf>
- ProViento. (2016). *Energias Renovables Ecuador*. Obtenido de [www.proviento.com](http://www.proviento.com)
- Puig, P., & Jofra, M. (19 de Noviembre de 2006). *Energía solar fotovoltaica*. Recuperado el 24 de Agosto de 2016, de <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/cuadernos-energias-renovables-para-todos-solar-fotovoltaica.pdf>
- Raitelli, M. (17 de Junio de 2002). *Diseño de la Iluminacion de Interiores*. Obtenido de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>
- Sunfields Europe. (2016). *Manual para instalaciones fotovoltaicas autónomas*. Obtenido de Energía solar fotovoltaica: [info@sfe-solar.com](mailto:info@sfe-solar.com)
- Sylvania. (27 de Abril de 2016). *Catálogo de luminarias 2016*. Obtenido de <http://sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2015/05/Cat%C3%A1logo-General-Sylvania-2016-1.pdf>



**ANEXOS**

**ANEXO 1. NÚMERO DE LÁMPARAS CONVENCIONALES CFLs REQUERIDAS  
EN EL EDIFICIO.**

*Planta – estacionamiento*

Planta estacionamiento	Tipo de lámpara	# lámparas	Lumen	Lux requerido	Lux obtenido
<b>Bodegas</b>	Full spiral t2 20w 6500k	11	1152	200	238
<b>Bodega 2</b>	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	251
<b>Bodegas b4 y b7</b>	Full spiral t2 20w 6500k	4	600	200	262
<b>Cuarto técnico</b>	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	12	4200	400	403
<b>Cuarto de bodega</b>	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	2	4200	200	200
<b>Hall</b>	Full spiral t2 20w 6500k	4	1152	300	300
<b>Pasillo</b>	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	2	4200	200	280
<b>Puestos de estacionamientos</b>	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	24	4200	150	150
<b>Zona peatonal de estacionamiento</b>	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	8	4200	200	206
<b>Total</b>		<b>69</b>	<b>lámparas</b>		

*Planta baja*

Planta baja	Tipo de lámpara	# lámparas	Lumen	Lux requerido	Lux obtenido
<b>5- baños</b>	Full spiral t2 20w 2700k	5	1200	200	238
<b>Área social</b>	Fo32w t8 6500k	12	4200	300	360
<b>Cocina</b>	Full spiral t2 25w 6500k	2	1520	250	310
<b>Comedor</b>	Full spiral t2 25w 6500k	2	1520	150	150
<b>Cuarto de a/a</b>	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	225
<b>Dormitorio 2</b>	Full spiral t2 25w 6500k	2	1520	200	201
<b>Dormitorio principal</b>	Full spiral t2 25w 6500k	4	1520	200	221
<b>Gym</b>	Spiral t3 32w 6500k	6	1800	300	350
<b>Hall</b>	Full spiral t2 25w 6500k	6	1520	300	323
<b>Pasillo</b>	Full spiral t2 20w 6500k	3	1152	200	200
<b>Sala</b>	Spiral t3 32w 6500k	3	1800	300	306
<b>Total</b>		<b>47</b>	<b>lámparas</b>		

### Primer piso

Primer piso	Tipo de lámpara	# lámparas	Lumen	Lux requerido	Lux obtenido
7 - baños	Full spiral t2 25w 2700k	7	1200	200	238
Balcón 1	Full spiral t2 15w 6500k	2	840	200	210
Cocina	Full spiral t2 15w 6500k	4	840	250	270
Comedor	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	150	167
Cuarto de a/a	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	225
Dormitorio 1.1	Full spiral t2 25w 6500k	2	1520	200	201
Dormitorio principal 1	Full spiral t2 25w 6500k	4	1520	200	221
Hall	Full spiral t2 15w 6500k	4	840	300	320
Pasillo	Full spiral t2 20w 6500k	3	1152	200	200
Sala 1	Spiral t3 32w 6500k	3	1800	300	306
Balcón 2	Full spiral t2 15w 6500k	2	840	200	204
Balcón 3	Full spiral t2 15w 6500k	3	840	200	211
Comedor y cocina	Full spiral t2 15w 6500k	4	840	200	223
Dormitorio 2.1	Full spiral t2 25w 6500k	2	1520	200	201
Dormitorio principal 2	Full spiral t2 25w 6500k	4	1520	200	220
Pasillo 2	Full spiral t2 20w 2700k	3	630	150	200
Sala 2	Spiral t3 32w 6500k	4	1800	300	312
<b>Total</b>		<b>55 lámparas</b>			

### Segundo piso

Segundo piso	Tipo de lámpara	# lámparas	Lumen	Lux requerido	Lux obtenido
7 - baños	Full spiral t2 25w 2700k	7	1200	200	238
Balcón 1	Full spiral t2 15w 6500k	2	840	200	210
Cocina	Full spiral t2 15w 6500k	4	840	250	270
Comedor	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	150	167
Cuarto de a/a	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	225
Dormitorio 1.1	Full spiral t2 25w 6500k	2	1520	200	201
Dormitorio principal 1	Full spiral t2 25w 6500k	4	1520	200	221
Hall	Full spiral t2 15w 6500k	4	840	300	320
Pasillo	Full spiral t2 20w 6500k	3	1152	200	200
Sala 1	Spiral t3 32w 6500k	3	1800	300	306
Balcón 2	Full spiral t2 15w 6500k	2	840	200	204
Balcón 3	Full spiral t2 15w 6500k	3	840	200	211
Comedor y cocina	Full spiral t2 15w 6500k	4	840	200	223
Dormitorio 2.1	Full spiral t2 25w 6500k	2	1520	200	201
Dormitorio principal 2	Full spiral t2 25w 6500k	4	1520	200	220
Pasillo 2	Full spiral t2 20w 2700k	3	630	150	200
Sala 2	Spiral t3 32w 6500k	4	1800	300	312
<b>Total</b>		<b>55 lámparas</b>			

### *Tercer piso*

<b>Tercer piso</b>	<b>Tipo de lámpara</b>	<b># lámparas</b>	<b>Lumen</b>	<b>Lux requerido</b>	<b>Lux obtenido</b>
Baños	Full spiral t2 25w 2700k	4	1200	200	238
Alacena	Full spiral t2 20w 6500k	1	1152	200	215
Balcón 1	Full spiral t2 15w 6500k	2	840	200	200
Balcón 2	Full spiral t2 15w 6500k	3	840	200	200
Cocina	Full spiral t2 25w 6500k	4	1520	200	200
Comedor	Spiral t3 32w 6500k	2	1800	150	190
Cuarto de a/a	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	225
Dormitorio 1	Full spiral t2 20w 6500k	4	1152	200	215
Dormitorio 2	Full spiral t2 20w 6500k	4	1152	200	215
Estudio	Full spiral t2 25w 6500k	4	1520	500	550
Hall	Full spiral t2 20w 6500k	4	1152	300	316
Lavado de platos	Full spiral t2 20w 6500k	1	1152	200	212
Recibidor	Full spiral t2 25w 6500k	5	1520	300	304
Sala	Spiral t4 42w 6500k	6	2394	250	250
Vestidor 1	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	260
Vestidor 2	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	262
<b>Total</b>		<b>50</b>	<b>lámparas</b>		

### *Cuarto piso*

<b>Cuarto piso</b>	<b>Tipo de lámpara</b>	<b># lámparas</b>	<b>Lumen</b>	<b>Lux requerido</b>	<b>Lux obtenido</b>
Baños	Full spiral t2 25w 2700k	4	1200	200	238
Alacena	Full spiral t2 20w 6500k	1	1152	150	225
Área de masaje	Full spiral t2 25w 6500k	4	1520	225	251
Balcón 1	Full spiral t2 15w 6500k	2	840	200	200
Balcón 2	Full spiral t2 15w 6500k	3	840	200	200
Cocina	Spiral t3 32w 6500k	4	1800	250	252
Comedor	Spiral t4 42w 6500k	2	2394	200	200
Cuarto de a/a	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	225
Dormitorio principal	Spiral t3 32w 6500k	4	1800	200	206
Hall	Full spiral t2 20w 6500k	4	1152	300	326
Lavado de platos	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	202
Recibidor	Full spiral t2 25w 6500k	3	1520	300	323
Sala	Spiral t4 42w 6500k	5	2394	250	273
Sauna	Full spiral t2 20w 6500k	1	1152	125	125
Vestidor	Full spiral t2 25w 6500k	2	1520	200	217
Yacusi	Full spiral t2 20w 6500k	1	1152	150	150
<b>Total</b>		<b>44</b>	<b>lámparas</b>		

### Quinto piso

Quinto piso	Tipo de lámpara	# lámparas	Lumen	Lux requerido	Lux obtenido
Baños	Full spiral t2 25w 2700k	5	1200	200	238
Balcón 1	Full spiral t2 15w 6500k	2	840	200	200
Balcón 2	Full spiral t2 15w 6500k	3	840	200	200
Cuarto de a/a	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	225
Dormitorio 2	Spiral T4 42W 6500K	2	2394	200	204
Dormitorio 3	Spiral T4 42W 6500K	2	2394	200	200
Dormitorio 4	Spiral T4 42W 6500K	2	2394	200	219
Dormitorio principal	Spiral T4 42W 6500K	5	2394	200	218
Estudio	Spiral T3 32W 6500K	4	1800	500	500
Pasillo	Full spiral t2 15w 6500k	3	840	150	160
Pasillo dormitorio 2	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	150	190
Sala	Spiral T3 32W 6500K	4	1800	250	264
Vestidor dormitorio 2	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	236
Vestidor dormitorio 3	Full spiral t2 25w 6500k	2	1520	200	200
Vestidor dormitorio 4	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	246
Vestidor dormitorio principal	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	203
<b>Total</b>		<b>44</b>	<b>lámparas</b>		

### Terraza

Terraza	Tipo de lámpara	# lámparas	Lumen	Lux requerido	Lux obtenido
Cuarto de entrada a ascensor	Full spiral t2 20w 6500k	2	1152	200	228
Losa cubierta	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	6	4200	250	262
<b>Total</b>		<b>8</b>	<b>lámparas</b>		

### Escaleras de emergencia

Escaleras	Tipo de lámpara	# lámparas	Lumen	Lux requerido	Lux obtenido
Luces escaleras de emergencia	Full Spiral T2 25W 6500K	40	1520	150	166
<b>Total</b>		<b>40</b>	<b>lámparas</b>		

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 2. NÚMERO DE LÁMPARAS LEDS REQUERIDAS EN EL EDIFICIO.**

### Planta-estacionamiento

Planta estacionamiento	Tipo de lámpara led	# lámparas	Lumen	Lux requerido	Lux obtenido
Puestos de estacionamientos	Lámpara sellada hermética led 2*18	24	3600	150	163
Bodegas	Orbit 2 led downlight 5w	11	400	200	225
Bodega 2	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	205
Bodegas b4 y b7	Orbit 2 led downlight 5w	4	400	200	247
Cuarto técnico	Lámpara sellada hermética led 2*18	10	3600	400	412
Cuarto de bodega	Lámpara sellada hermética led 2*18	2	3600	200	223
Hall	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	720	300	315
Pasillo	Lámpara sellada hermética led 2*18	2	3600	200	300
Zona peatonal de estacionamiento	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	3600	200	206
<b>Total</b>		<b>63 lámparas</b>			

### Planta baja

Planta baja	Tipo de lámpara led	# lámparas	Lumen	Lux requerido	Lux obtenido
5- baños	Led v panel empotrable round 12w 6500k	5	1080	200	201
Área social	Lámpara sellada hermética led 2*18	12	3600	300	318
Cocina	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	250	265
Comedor	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	150	190
Cuarto de a/a	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	205
Dormitorio 2	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	203
Dormitorio principal	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	200	202
Gym	Led v panel empotrable round 18w 6500k	6	1620	300	325
Hall	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	6	720	300	326
Pasillo	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	720	150	163
Sala	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	250	255
<b>Total</b>		<b>46 lámparas</b>			

### Primer piso

Primer piso	Tipo de lámpara led	# lámparas	Lumen	Lux requerido	Lux obtenido
7 baños	Led v panel empotrable round 12w 6500k	7	1080	200	200
Balcón 1	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	720	200	240
Cocina	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	720	250	251
Comedor	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	150	167
Cuarto de a/a	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	205
Dormitorio 1.1	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	203
Dormitorio principal 1	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	200	202
Hall	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	720	300	326
Pasillo	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	720	150	163
Sala	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	1620	250	267
Pasillo 2	Orbit 2 led downlight 5w	3	400	150	164
Comedor y cocina	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	720	200	217
Sala	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	250	280
Dormitorio principal 2	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	200	222
Dormitorio 2.1	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	180
Balcón 2	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	720	200	230
Balcón 3	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	720	200	227
<b>Total</b>		<b>54</b>	<b>lámparas</b>		

### Segundo piso

Segundo piso	Tipo de lámpara led	# lámparas	Lumen	Lux requerido	Lux obtenido
7 baños	Led v panel empotrable round 12w 6500k	7	1080	200	200
Balcón 1	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	720	200	240
Cocina	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	720	250	251
Comedor	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	150	167
Cuarto de a/a	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	205



<b>Dormitorio 1.1</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	203
<b>Dormitorio principal 1</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	200	202
<b>Hall</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	720	300	326
<b>Pasillo</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	720	150	163
<b>Sala</b>	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	1620	250	267
<b>Pasillo 2</b>	Orbit 2 led downlight 5w	3	400	150	164
<b>Comedor y cocina</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	720	200	217
<b>Sala</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	250	280
<b>Dormitorio principal 2</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	200	222
<b>Dormitorio 2.1</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	180
<b>Balcón 2</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	720	200	230
<b>Balcón 3</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	720	200	227
<b>Total</b>		<b>54</b>	<b>lámparas</b>		

### *Tercer piso*

<b>Tercer piso</b>	<b>Tipo de lámpara led</b>	<b># lámparas</b>	<b>Lumen</b>	<b>Lux requerido</b>	<b>Lux obtenido</b>
<b>4 baños</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	200	200
<b>Alacena</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	1	1080	200	212
<b>Balcón 1</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	720	200	240
<b>Balcón 2</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	720	200	227
<b>Cocina</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	250	269
<b>Comedor</b>	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	1620	150	180
<b>Cuarto de a/a</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	205
<b>Cuarto de a/a</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	205
<b>Dormitorio 1</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	5	1080	200	219
<b>Dormitorio 2</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	5	1080	200	219
<b>Estudio</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	500	521
<b>Hall</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	720	300	326
<b>Lavado de platos</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	1	1080	200	212
<b>Recibidor</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	5	1080	300	306

<b>Sala</b>	Led v panel empotrable round 18w 6500k	6	1620	250	260
<b>Vestidor 1</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	720	200	213
<b>Vestidor 2</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	720	200	227
<b>Total</b>		<b>54</b>	<b>lámparas</b>		

### *Cuarto piso*

<b>Cuarto piso</b>	<b>Tipo de lámpara led</b>	<b># lámparas</b>	<b>Lumen</b>	<b>Lux requerido</b>	<b>Lux obtenido</b>
<b>4 baños</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	200	200
<b>Alacena</b>	Orbit 2 led downlight 5w	1	400	150	165
<b>Área de masaje</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	225	234
<b>Balcón 1</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	720	200	240
<b>Balcón 2</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	720	200	227
<b>Cocina</b>	Led v panel empotrable round 18w 6500k	4	1620	250	277
<b>Comedor</b>	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	1620	150	172
<b>Cuarto de a/a</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	205
<b>Dormitorio principal</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	200	201
<b>Hall</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	720	300	326
<b>Lavado de platos</b>	Orbit 2 led downlight 5w	2	400	200	200
<b>Recibidor</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	3	1080	300	300
<b>Sala</b>	Led v panel empotrable round 18w 6500k	5	1620	250	250
<b>Sauna</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	1	1080	125	145
<b>Vestidor</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	203
<b>Yacusi</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	1	1080	150	160
<b>Total</b>		<b>44</b>	<b>lámparas</b>		

### *Quinto piso*

<b>Quinto piso</b>	<b>Tipo de lámpara led</b>	<b># lámparas</b>	<b>Lumen</b>	<b>Lux requerido</b>	<b>Lux obtenido</b>
<b>5 baños</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	5	720	200	204
<b>Balcón 1</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	720	200	240
<b>Balcón 2</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	720	200	227

<b>Cuarto de a/a</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	205
<b>Dormitorio 2</b>	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	1620	200	204
<b>Dormitorio 3</b>	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	1620	200	216
<b>Dormitorio 4</b>	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	1620	200	216
<b>Dormitorio principal</b>	Led v panel empotrable round 18w 6500k	5	1620	200	201
<b>Estudio</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	1080	500	521
<b>Pasillo</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	720	150	163
<b>Pasillo dormitorio 2</b>	Orbit 2 led downlight 5w	2	400	150	180
<b>Sala</b>	Led v panel empotrable round 18w 6500k	5	1620	250	250
<b>Vestidor dormitorio 2</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	1080	200	235
<b>Vestidor dormitorio 3</b>	Led v panel empotrable round 12w 6500k	1	1080	200	200
<b>Vestidor dormitorio 4</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	1	720	200	233
<b>Vestidor dormitorio principal</b>	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	720	200	218
<b>Total</b>		<b>43 lámparas</b>			

### *Terraza*

<b>Terraza</b>	<b>Tipo de lámpara led</b>	<b># lámparas</b>	<b>Lumen</b>	<b>Lux requerido</b>	<b>Lux obtenido</b>
Cuarto de entrada a ascensor	Lámpara sellada hermética led 2*18	8	3600	250	294
Losa cubierta	Led v panel empotrable round 12w 6500k	3	1080	250	255
<b>Total</b>		<b>11 lámparas</b>			

### *Escaleras de emergencia*

<b>Escaleras</b>	<b>Tipo de lámpara led</b>	<b># lámparas</b>	<b>Lumen</b>	<b>Lux requerido</b>	<b>Lux obtenido</b>
Luces escaleras de emergencia en todo el edificio	Led V Panel Empotrable Round 12w 6500K	40	1080	150	170
<b>Total</b>		<b>40 lámparas</b>			

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 3. ENERGÍA DIARIA CONSUMIDA POR LAS LÁMPARAS  
CONVENCIONALES CFLs**

<b>Datos de cargas</b>						
<b>Nivel</b>	<b>Dispositivos o cargas en C.A</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Watts</b>	<b>Watts instalados</b>	<b>Hrs/día</b>	<b>Watts-hora/día</b>
<b>Planta estacionamiento</b>						
Bodegas	Full spiral t2 20w 6500k	11	20	220	4	1760
Bodega 2	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	4	160
Bodegas b4 y b7	Full spiral t2 20w 6500k	4	20	80	4	320
Cuarto técnico	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	12	32	384	4	1536
Cuarto de bodega	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	2	32	64	4	256
Hall	Full spiral t2 20w 6500k	4	20	80	6	480
Pasillo	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	2	32	64	4	256
Puestos de estacionamientos	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	24	32	768	8	6144
Zona peatonal de estacionamiento	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	8	32	256	8	2048
<b>Planta baja</b>						
Área social	Fo32w t8 6500k	12	32	384	4	1536
Baños	Full spiral t2 20w 2700k	5	20	100	4	400
Cocina	Full spiral t2 25w 6500k	2	25	50	4	200
Comedor	Full spiral t2 25w 6500k	2	25	50	4	200
Cuarto de a/a	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	4	160
Dormitorio 2	Full spiral t2 25w 6500k	2	25	50	4	200
Dormitorio principal	Full spiral t2 25w 6500k	4	25	100	5	500
Gym	Spiral t3 32w 6500k	6	32	192	6	1152
Hall	Full spiral t2 25w 6500k	6	25	150	8	1200
Pasillo	Full spiral t2 20w 6500k	3	20	60	4	240
Sala	Spiral t3 32w 6500k	3	32	96	6	576
<b>Primer piso</b>						
Balcón 1	Full spiral t2 15w 6500k	2	15	30	5	150
Balcón 2	Full spiral t2 15w 6500k	2	15	30	4	120
Balcón 3	Full spiral t2 15w 6500k	3	15	45	4	180
Baños	Full spiral t2 25w 2700k	7	20	140	4	560
Cocina	Full spiral t2 15w 6500k	4	15	60	4	240
Comedor	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	4	160
Comedor y cocina	Full spiral t2 15w 6500k	4	15	60	4	240
Cuarto de a/a	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	4	160
Dormitorio 1.1	Full spiral t2 25w 6500k	2	25	50	4	200
Dormitorio 2.1	Full spiral t2 25w 6500k	2	25	50	5	250
Dormitorio principal 1	Full spiral t2 25w 6500k	4	25	100	5	500

Dormitorio principal 2	Full spiral t2 25w 6500k	4	25	100	4	400
Hall	Full spiral t2 15w 6500k	4	15	60	8	480
Pasillo	Full spiral t2 20w 6500k	3	20	60	4	240
Pasillo 2	Full spiral t2 20w 2700k	3	20	60	5	300
Sala	Spiral t3 32w 6500k	4	32	128	5	640
Sala	Spiral t3 32w 6500k	3	32	96	6	576
<b>Segundo piso</b>						
Balcón 1	Full spiral t2 15w 6500k	2	15	30	5	150
Balcón 2	Full spiral t2 15w 6500k	2	15	30	4	120
Balcón 3	Full spiral t2 15w 6500k	3	15	45	4	180
Baños	Full spiral t2 25w 2700k	7	20	140	4	560
Cocina	Full spiral t2 15w 6500k	4	15	60	4	240
Comedor	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	4	160
Comedor y cocina	Full spiral t2 15w 6500k	4	15	60	6	360
Cuarto de a/a	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	4	160
Dormitorio 1.1	Full spiral t2 25w 6500k	2	25	50	4	200
Dormitorio 2.1	Full spiral t2 25w 6500k	2	25	50	5	250
Dormitorio principal 1	Full spiral t2 25w 6500k	4	25	100	5	500
Dormitorio principal 2	Full spiral t2 25w 6500k	4	25	100	4	400
Hall	Full spiral t2 15w 6500k	4	15	60	8	480
Pasillo 1	Full spiral t2 20w 6500k	3	20	60	4	240
Pasillo 2	Full spiral t2 20w 2700k	3	20	60	5	300
Sala 1	Spiral t3 32w 6500k	4	32	128	5	640
Sala 2	Spiral t3 32w 6500k	3	32	96	6	576
<b>Tercer piso</b>						
Alacena	Full spiral t2 20w 6500k	1	20	20	4	80
Balcón 1	Full spiral t2 15w 6500k	2	15	30	4	120
Balcón 2	Full spiral t2 15w 6500k	3	15	45	3	135
Baños	Full spiral t2 25w 2700k	4	20	80	4	320
Cocina	Full spiral t2 25w 6500k	4	25	100	6	600
Comedor	Spiral t3 32w 6500k	2	32	64	4	256
Cuarto de a/a	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	8	320
Dormitorio 1	Full spiral t2 20w 6500k	4	20	80	4	320
Dormitorio 2	Full spiral t2 20w 6500k	4	20	80	5	400
Estudio	Full spiral t2 25w 6500k	4	25	100	6	600
Hall	Full spiral t2 20w 6500k	4	20	80	8	640
Lavado de platos	Full spiral t2 20w 6500k	1	20	20	5	100
Recibidor	Full spiral t2 25w 6500k	5	25	125	3	375
Sala	Spiral t4 42w 6500k	6	42	252	5	1260
Vestidor 1	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	3	120

Vestidor 2	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	5	200
<b>Cuarto piso</b>						
Alacena	Full spiral t2 20w 2700k	1	20	20	4	160
Área de masaje	Full spiral t2 25w 6500k	4	25	100	8	800
Balcón 1	Full spiral t2 15w 6500k	2	15	30	5	150
Balcón 2	Full spiral t2 15w 6500k	3	15	45	3	135
Baños	Full spiral t2 25w 2700k	4	20	80	7	560
Cocina	Spiral t3 32w 6500k	4	32	128	6	1024
Comedor	Spiral t4 42w 6500k	2	42	84	4	336
Cuarto de a/a	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	6	240
Dormitorio principal	Spiral t3 32w 6500k	4	32	128	6	768
Hall	Full spiral t2 20w 6500k	4	20	80	4	320
Lavado de platos	Full spiral t2 20w 2700k	2	20	40	4	160
Recibidor	Full spiral t2 25w 6500k	3	25	75	5	375
Sala	Spiral t4 42w 6500k	5	42	210	5	1050
Sauna	Full spiral t2 20w 6500k	1	20	20	4	80
Vestidor	Full spiral t2 25w 6500k	2	25	50	3	150
Yacusi	Full spiral t2 20w 6500k	1	20	20	4	80
<b>Quinto piso</b>						
Balcón 1	Full spiral t2 15w 6500k	2	15	30	3	90
Balcón 2	Full spiral t2 15w 6500k	3	15	45	4	180
Baños	Full spiral t2 25w 2700k	4	20	80	4	320
Cuarto de a/a	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	4	160
Dormitorio 2	Spiral t4 42w 6500k	2	42	84	3	252
Dormitorio 3	Spiral t4 42w 6500k	2	42	84	4	336
Dormitorio 4	Spiral t4 42w 6500k	2	42	84	3	252
Dormitorio principal	Spiral t4 42w 6500k	5	42	210	4	840
Estudio	Spiral t3 32w 6500k	4	32	128	3	384
Pasillo	Full spiral t2 15w 6500k	3	15	45	4	180
Pasillo dormitorio 2	Full spiral t2 20w 2700k	2	20	40	4	160
Sala	Spiral t3 32w 6500k	4	32	128	8	1024
Vestidor dormitorio 2	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	6	240
Vestidor dormitorio 3	Full spiral t2 25w 6500k	2	25	50	4	200
Vestidor dormitorio 4	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	6	240
Vestidor dormitorio principal	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	6	240
<b>Terraza</b>						

Cuarto de entrada a ascensor	Full spiral t2 20w 6500k	2	20	40	4	160
Losa cubierta	Magnum slim 2x32w t8 120-277v	6	32	192	4	768
<b>Escaleras</b>						
Luces escaleras de emergencia	Full spiral t2 25w 6500k	40	25	1000	8	8000
			<b>Total w:</b>	<b>10272</b>	<b>Total wh/día:</b>	<b>56496</b>
					<b>Total kwh/día:</b>	<b>56,496</b>

Fuente: Elaboración propia



**ANEXO 4. ENERGÍA DIARIA CONSUMIDA POR LAS LÁMPARAS LED.**

<b>Datos de cargas</b>						
<b>Nivel</b>	<b>Dispositivos o cargas en C.A</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Watts</b>	<b>Watts instalados</b>	<b>Hrs/día</b>	<b>Watts-hora/día</b>
<b>Planta estacionamiento</b>						
Puestos de estacionamientos	Lámpara sellada hermética led 2*18	24	18	432	8	3456
Bodegas	Orbit 2 led downlight 5w	11	5	55	4	220
Bodega 2	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Bodegas b4 y b7	Orbit 2 led downlight 5w	4	5	20	4	80
Cuarto técnico	Lámpara sellada hermética led 2*18	10	18	180	6	1080
Cuarto de bodega	Lámpara sellada hermética led 2*18	2	18	36	4	144
Hall	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	9	36	8	288
Pasillo	Lámpara sellada hermética led 2*18	2	18	36	4	144
Zona peatonal de estacionamiento	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	36	144	8	1152
<b>Planta baja</b>						
Área social	Lámpara sellada hermética led 2*18	12	18	216	4	864
Baños	Led v panel empotrable round 12w 6500k	5	12	60	4	240
Cocina	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Comedor	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Cuarto de a/a	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Dormitorio 2	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Dormitorio principal	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	5	240
Gym	Led v panel empotrable round 18w 6500k	6	18	108	6	648
Hall	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	6	9	54	8	432
Pasillo	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	9	27	4	108
Sala	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	6	144
<b>Primer piso</b>						
Baños	Led v panel empotrable round 12w 6500k	7	12	84	4	336
Balcón 1	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	9	18	5	90
Balcón 2	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	9	18	5	90

Balcón 3	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	9	27	5	135
Cocina	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	9	36	4	144
Comedor	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Comedor y cocina	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	9	36	4	144
Cuarto de a/a	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Dormitorio 1.1	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Dormitorio 2.1	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Dormitorio principal 1	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	5	240
Dormitorio principal 2	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	5	240
Hall	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	9	36	8	288
Pasillo	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	9	27	4	108
Pasillo 2	Orbit 2 led downlight 5w	3	5	15	4	60
Sala	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	4	192
Sala	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	18	36	6	216
<b>Segundo piso</b>						
Balcón 1	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	9	18	5	90
Balcón 2	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	9	18	5	90
Balcón 3	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	9	27	5	135
Baños	Led v panel empotrable round 12w 6500k	7	12	84	4	336
Cocina	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	9	36	4	144
Comedor	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Comedor y cocina	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	9	36	4	144
Cuarto de a/a	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Dormitorio 1.1	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Dormitorio 2.1	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Dormitorio principal 1	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	5	240
Dormitorio principal 2	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	5	240
Hall	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	9	36	8	288

Pasillo	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	9	27	4	108
Pasillo 2	Orbit 2 led downlight 5w	3	5	15	4	60
Sala 1	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	18	36	6	216
Sala 2	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	6	288
<b>Tercer piso</b>						
Alacena	Led v panel empotrable round 12w 6500k	1	12	12	4	48
Balcón 1	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	9	18	5	90
Balcón 2	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	9	27	5	135
Baños	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	4	192
Cocina	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	4	192
Comedor	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	18	36	4	144
Cuarto de a/a	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Cuarto de a/a	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Dormitorio 1	Led v panel empotrable round 12w 6500k	5	12	60	5	300
Dormitorio 2	Led v panel empotrable round 12w 6500k	5	12	60	5	300
Estudio	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	8	384
Hall	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	9	36	8	288
Lavado de platos	Led v panel empotrable round 12w 6500k	1	12	12	3	36
Recibidor	Led v panel empotrable round 12w 6500k	5	12	60	6	360
Sala	Led v panel empotrable round 18w 6500k	6	18	108	6	648
Vestidor 1	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	9	18	3	54
Vestidor 2	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	9	18	3	54
<b>Cuarto piso</b>						
Alacena	Orbit 2 led downlight 5w	1	5	5	4	20
Área de masaje	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	8	384
Balcón 1	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	9	18	5	90
Balcón 2	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	9	27	5	135

Baños	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	4	192
Cocina	Led v panel empotrable round 18w 6500k	4	18	72	4	288
Comedor	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	18	36	4	144
Cuarto de a/a	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Dormitorio principal	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	5	240
Hall	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	4	9	36	8	288
Lavado de platos	Orbit 2 led downlight 5w	2	5	10	3	30
Recibidor	Led v panel empotrable round 12w 6500k	3	12	36	6	216
Sala	Led v panel empotrable round 18w 6500k	5	18	90	6	540
Sauna	Led v panel empotrable round 12w 6500k	1	15	15	8	120
Vestidor	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	3	72
Yacusi	Led v panel empotrable round 12w 6500k	1	12	12	7	84
<b>Quinto piso</b>						
Balcón 1	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	9	18	4	72
Balcón 2	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	9	27	6	162
Baños	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	5	9	45	6	270
Cuarto de a/a	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	4	96
Dormitorio 2	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	18	36	4	144
Dormitorio 3	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	18	36	4	144
Dormitorio 4	Led v panel empotrable round 18w 6500k	2	18	36	4	144
Dormitorio principal	Led v panel empotrable round 18w 6500k	5	18	90	4	360
Estudio	Led v panel empotrable round 12w 6500k	4	12	48	6	384
Pasillo	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	3	9	27	4	108
Pasillo dormitorio 2	Orbit 2 led downlight 5w	2	5	10	4	40
Sala	Led v panel empotrable round 18w 6500k	5	18	90	6	540
Vestidor dormitorio 2	Led v panel empotrable round 12w 6500k	2	12	24	3	72
Vestidor dormitorio 3	Led v panel empotrable round 12w 6500k	1	12	12	3	36
Vestidor dormitorio 4	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	1	9	9	3	27

Vestidor dormitorio principal	Orbit 2 led downlight 9w 6500k	2	9	18	3	54	
<b>Terraza</b>							
Cuarto de entrada a ascensor	Lámpara sellada hermética led 2*18	8	18	144	4	576	
Losa cubierta	Led v panel empotrable round 12w 6500k	3	12	36	4	144	
<b>Escaleras</b>							
Luces escaleras de emergencia	Led v panel empotrable round 12w 6500k	40	12	480	8	3840	
				<b>Total w:</b>	<b>5158</b>	<b>Total wh/día:</b>	<b>28719</b>
						<b>Total kwh/día:</b>	<b>28,719</b>

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 5. FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS PROPUESTOS PARA EL  
SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AUTONOMO**



## Product Features



**Positive tolerance**  
Guaranteed tolerance +3%  
Reliable power output



**High module efficiency**  
Module efficiency up to 15.7%  
Cells efficiency up to 17.8%



**Strong compressive strength**  
Certified to withstand high wind of 2400Pa  
and snow loads of 5400Pa



**High manufacture standards**  
certified to high standards by the  
most reputable labs According to  
IEC:61215; IEC:61730-1/2



**International Management System**  
Manufactured and certified according  
to ISO9001, Quality management system



**Fire test approved**  
Application class A, Safety Class II, Fire Rating C



**Excellent performance under extreme condition**  
High salt mist and ammonia resistance



**Reliable quality forever**  
Without potential induced  
degradation(PID-free)

## Leading Warranty in PV Industry

- 25 year transferrable power output warranty: 10 years / 90%, 25 years / 80%
- Linear performance warranty from SIMAX Power
- 12 year material and workmanship warranty



\* Please refer to Simax Solar Product Warranty for details.



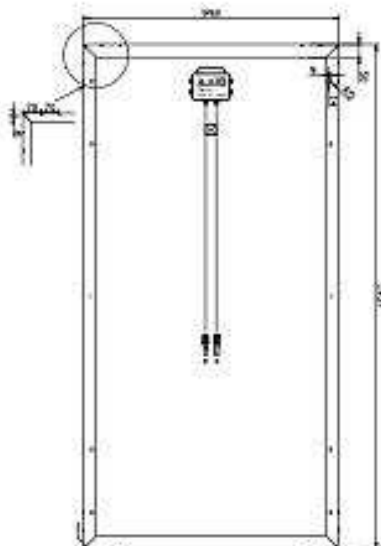




Electrical Characteristics

Parameters	SP672-280		SP672-285		SP672-290		SP672-295		SP672-300		SP672-305		SP672-310	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Peak power [Wp] $P_{max}$	280W	208W	285W	212W	290W	219W	295W	219W	300W	226W	305W	234W	310W	228W
Open circuit voltage [V] $V_{oc}$	44.4	44.7	44.4	45.0	44.4	45.3	45.0	45.5	45.0	45.8	45.2	45.8	45.5	45.8
Maximum Power Voltage [V] $V_{mp}$	29.5	37.2	35.8	37.4	35.8	37.4	36.3	37.8	36.3	38.0	36.5	38.0	36.6	38.0
Maximum Power Current [A] $I_{mp}$	7.62	5.58	7.96	5.65	8.10	5.76	8.13	5.79	8.26	5.95	8.35	5.91	8.42	6.05
Short circuit Current [A] $I_{sc}$	8.45	5.94	8.80	5.99	8.71	6.06	8.78	6.12	8.93	6.25	8.95	6.09	9.01	7.21
Power Tolerance	0→+3%		0→+3%		0→+3%		0→+3%		0→+3%		0→+3%		0→+3%	
Module Efficiency (%)	14.6%		14.7%		14.9%		15.3%		15.6%		15.7%		16.0%	

STC: Irradiance: 1000  $W/m^2$ ; Spectrum AM 1.5; Cell temperature: 25°C; Wind 0 m/s  
 NOCT: Irradiance: 800  $W/m^2$ ; Spectrum AM 1.5; ambient temperature 20°C; wind speed 1 m/s



Mechanical Characteristics

Solar Cell	Polycrystalline silicon: 156 x 156 (mm)
No. of Cells	72 ( 6 x 12 )
Dimensions	1956 x 992 x 40 mm
Weight	22.5 kg
Front Glass	3.2mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

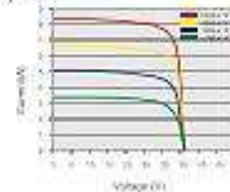
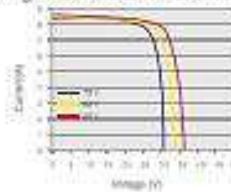
Output

Cable Type	$\varnothing = 4 \text{ mm}^2$
Lengths	L = 900 mm
Junction Box	PV - JB001 MC4

Temperature Coefficients

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2°C
Temperature Coefficient of ( $P_{max}$ )	-0.39% / °C
Temperature Coefficient of ( $V_{oc}$ )	-0.34% / °C
Temperature Coefficient of ( $I_{sc}$ )	0.035% / °C

- Provide the best solutions for photovoltaic power generation and technical support
- Provide Cost-effective products
- Provide 12 Years Quality Warranty
- Power out ≥ 90% in 10 years
- Power out ≥ 80% in 25 years



Global standby to ensure response within 24 hours  
 Australia and Europe office were established to give better services to customers

Simax Green New Energy (Europe) GmbH  
 Margenthaier Allee 22 / 25  
 65760 Eschborn / Germany  
 Tel.: +49 6196 9739 525  
 Fax: +49 6196 9929 684  
 info@simaxsolar.de  
 www.simaxsolar.de



Simax (Australia) Green New Energy Pty Ltd  
 3 / 78 Frederick Gardens Drive  
 Camur Downs, VIC 3210  
 Tel: +61 3 9706 2400  
 Fax: +61 3 9706 2483  
 info@simaxsolar.com.au  
 www.simaxsolar.com.au



**UCG 150-12**  
12V 150AH  
Deep Cycle Gel

**Ultracell®**  
Quality In Every Language

**UCG150-12**



**Physical Specification**

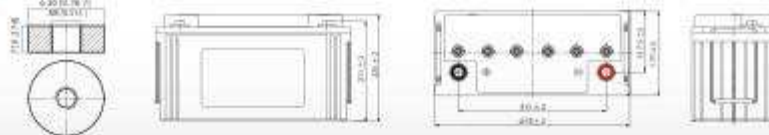
Part Number:	UCG150-12
Length:	485 ± 2 mm (19.09 inches)
Width:	170 ± 2 mm (6.69 inches)
Container Height:	240 ± 2 mm (9.45 inches)
Total Height (with terminal):	240 ± 2 mm (9.45 inches)
Approx Weight:	Approx 44 kg

**Specifications**

	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity (10HR)	150AH
Terminal Type	Standard Terminal	F10
	Optional Terminal	F11
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS (UL94 V0)
Rated Capacity	100.0 AH/5.0A	(20hr, 1.50V/cell, 25°C / 77°F)
	150.0 AH/15.0A	(10hr, 1.50V/cell, 25°C / 77°F)
	131.8 AH/26.3A	(8hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	119.3 AH/39.8A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	98.9 AH/96.9A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)
Max Discharge Current	1500A (3s)	
Internal Resistance	Approx 2.5mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -20 - 55°C (-4 - 131°F)
		Charge: 0 - 40°C (32 - 104°F)
		Storage: -20 - 50°C (-4 - 122°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 45.0A, Voltage: 14.4V - 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage: 13.5V - 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F)	103%
	25°C (77°F)	100%
	0°C (32°F)	86%
Design Floating Life at 20°C	15 Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C (77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

**Dimensions**

**F11 Terminal**



1

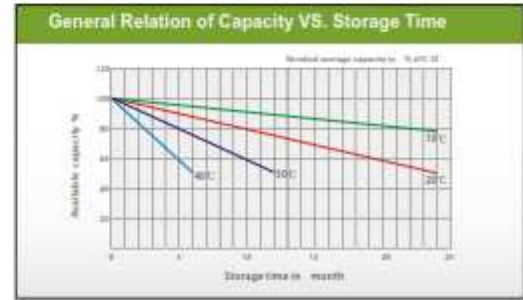
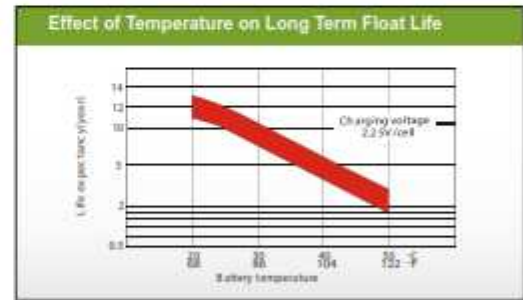
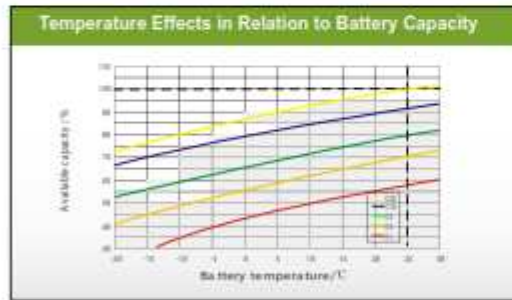
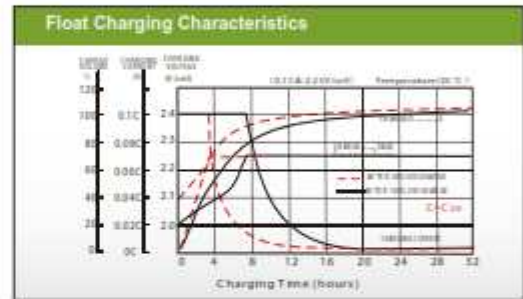
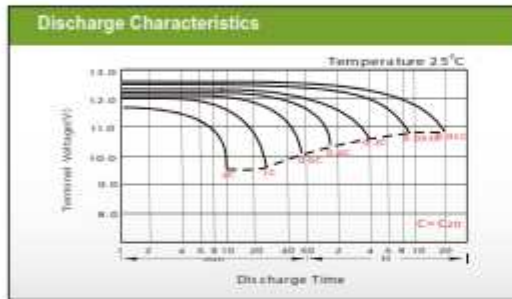
Ultracell (UK) Ltd | Vestey Business Park | Vestey Road | Liverpool | L30 1NY | United Kingdom  
Tel: +44 (0) 151 523 2777 Fax: +44 (0) 151 523 0855 Email: info@ultracell.co.uk  
[www.ultracell.co.uk](http://www.ultracell.co.uk)

ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE



Constant Current Discharge (Amperes) at 25 °C (77 °F)														
F.V/Time	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	219.6	184.8	161.5	116.2	92.3	74.9	46.5	36.3	29.4	23.9	20.8	17.0	14.2	7.97
1.80V/cell	200.6	223.3	190.9	137.1	107.3	83.9	50.6	39.0	31.4	25.6	22.3	18.0	15.0	6.04
1.75V/cell	306.3	243.9	205.3	142.3	111.4	87.8	52.7	39.8	32.1	26.3	23.0	18.3	15.2	8.12
1.70V/cell	336.1	260.4	215.6	146.2	115.6	90.5	54.6	40.9	32.9	27.0	23.4	18.6	15.3	8.27
1.65V/cell	362.7	276.9	229.2	156.3	116.7	93.6	56.3	42.6	34.1	27.7	23.9	18.9	15.6	8.37
1.60V/cell	393.6	296.1	244.2	165.0	123.6	96.9	58.2	43.9	35.1	28.6	24.5	19.1	15.8	8.42

Constant Power Discharge (Watts) at 25 °C (77 °F)														
F.V/Time	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	409.8	346.4	307.7	223.3	176.5	145.4	90.7	70.9	57.5	46.9	41.1	33.6	28.0	15.9
1.80V/cell	516.6	414.7	358.2	260.3	205.9	161.9	96.3	75.9	61.1	50.2	44.0	35.6	29.7	16.1
1.75V/cell	560.6	448.6	382.2	268.9	212.7	166.7	101.7	77.1	62.4	51.4	45.1	36.2	30.0	16.2
1.70V/cell	602.5	475.4	399.4	276.6	220.6	173.6	105.5	79.0	63.9	52.6	46.0	36.7	30.2	16.5
1.65V/cell	645.6	502.2	422.3	282.6	225.2	176.6	106.1	82.2	65.9	54.0	46.9	37.2	30.5	16.7
1.60V/cell	689.0	530.7	445.2	306.0	232.6	183.7	111.1	84.3	67.7	55.5	47.6	37.5	31.1	16.8



2

Ultracell (UK) Ltd | Vestey Business Park | Vestey Road | Liverpool | L30 1NY | United Kingdom  
 Tel: +44 (0) 151 523 2777 Fax: +44 (0) 151 523 0600 Email: info@ultracell.co.uk  
[www.ultracell.co.uk](http://www.ultracell.co.uk)

ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE







# TRISTAR™

## THREE-FUNCTION SOLAR CONTROLLER

Morningstar's *TriStar Controller* is a three-function controller that provides reliable solar battery charging, load control or diversion regulation. The controller operates in one of these modes at a time and two or more controllers may be used to provide multiple functions.

The TriStar uses advanced technology and automated production to provide exciting new features at a competitive cost. The optional TriStar meter is the most sophisticated and informative controller meter on the market. The controller is UL listed and is designed for both solar home systems and professional applications.



Product shown with optional meter



### Key Features and Benefits

#### Highest Reliability

Large heat sink **1** and conservative design enables operating at full ratings to 60°C. No need to de-rate.

#### More Power

Ratings to 60A at 48VDC will handle solar arrays up to 4kW.

#### Communications Capability

RS-232 **3** connects to a personal computer for custom settings, data logging and remote monitoring and control.

#### Fully Adjustable

DIP switch **2** provides user with a choice of 7 different digital presets and custom settings via RS-232.

#### Extensive Electronic Protections

Fully protected against reverse polarity, short circuit, overcurrent, high temperature and overvoltage.

#### Simple Mechanical Interface

Larger power terminals **4** and conduit knockouts **5**. Extra space for wire turns. Fits on power panels.

#### Better Battery Charging

Connecting battery sense wires **6** and optional remote temperature sensor **7** will improve control accuracy. Constant voltage series PWM algorithm increases battery capacity and life.

#### More Information




3 LED's **8** to indicate status, faults and alarms. Optional meter **9** displays extensive system and controller information, automatic self-test and reset capabilities. Meter connection via RJ-11 phone jack **10**.

#### Easy to Reset

Pushbutton **11** provides manual reset and stop/start battery equalization or load disconnect.

#### Low Telecom Noise

DIP switch setting will change PWM to "On-Off" battery charging.

CHARGE CONTROL	LOAD CONTROL	DIVERSION CONTROL
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constant voltage series PWM design to provide highly efficient battery charging</li> <li>• 4-stage charging to increase battery capacity and life: bulk charge, PWM regulation, float and equalize</li> <li>• Parallel for larger solar arrays up to 300 amps or more</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Starts large loads including motors and pumps with no damage to controller</li> <li>• Allows inrush current to 300 amps</li> <li>• Electronic short-circuit and overload protection with automatic reconnect</li> <li>• LVD is current compensated and has a delay to avoid false disconnects</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• May be used for solar, wind or hydroelectric</li> <li>• To protect against battery overcharge, excess energy is diverted from primary battery to a secondary battery or alternate DC resistive load</li> <li>• PWM reduces power into diversion load during overcurrent conditions</li> </ul>

#### Electrical Specifications

- Rated solar, load or diversion current:  
 TriStar-45 45A  
 TriStar-60 60A
- System Voltage 12-48V
- Accuracy 12/24V:  $\pm 0.1\% \pm 50mV$   
 48V:  $\pm 0.1\% \pm 100mV$
- Min. voltage to operate 9V
- Max. solar voltage (Voc) 125V
- Self-consumption:  
 Controller <20mA  
 Meter 7.5mA

#### Environmental Specifications

- Operating ambient temperature:  
 Controller  $-40^{\circ}C$  to  $+60^{\circ}C$   
 Meter  $-40^{\circ}C$  to  $+60^{\circ}C$
- Storage temperature:  $-55^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$
- Humidity: 100% (non-condensing)
- Tropicalization: Conformal coating on both sides of all printed circuit boards

#### Electronic Protections

- Reverse polarity protection (any combination)
- Short-circuit protection
- Overcurrent protection
- Lightning and transient surge protection using 4500W transient voltage suppressors
- High temperature protection via automatic current reduction or complete shut down
- Prevents reverse current from battery at night

#### Mechanical Specifications

- Dimensions: Height: 26.0cm/10.3 inch  
 Width: 12.7cm/5.0 inch  
 Depth: 7.1cm/2.8 inch
- Weight: 1.6 kg/3.5 lb
- Largest Wire: 35mm<sup>2</sup>/2 AWG
- Conduit knockouts: Eccentric 2.5/3.2 cm (1.0/1.25 inch)
- Enclosure: Type 1, indoor rated

#### TriStar Options:

- **TriStar Meter** — 2 x 16 display mounts to controller and provides system and controller information, data logging, bar graphs and choice of 5 languages

15.2V	25c	32.3A	V	16.4V	0135 TAB
1214.5mA	71.0AT	A	12.3V	11.3 MW	

- **TriStar Remote Meter** — Includes 30 meters of cable for mounting meter away from the controller
- **Remote Temperature Sensor** — Provides temperature compensated charging by measuring temperature at the battery (10 meter cable)

#### Certifications

- CE Compliant
- UL Listed (UL 1741)
- cUL (CSA-C22.2 No. 107.1-95)
- Complies with U.S. National Electric Code
- Manufactured in a certified ISO 9001 facility



**WARRANTY:** Five year warranty period. Contact Morningstar or your authorized distributor for complete terms.

**AUTHORIZED MORNINGSTAR DISTRIBUTOR:**



1098 Washington Crossing Road  
 Washington Crossing, PA 18977 USA  
 Tel: 215-321-4457 Fax: 215-321-4458  
 E-mail: info@morningstarcorp.com  
 Website: www.morningstarcorp.com

PRINTED IN USA 2125-M1-12/07



## INVERSORES POWERSTAR

### INVERSORES: / CARGADORES CON TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE ONDA SINOIDAL PURA

#### Funcions destacados:

- Onda sinoidal pura que permite operar cargas sensibles
- Recarga de banca de baterías de 4 estaciones, selector de tipo de batería con 7 modelos predefinidos
- Recarga potente con 30A y 70A
- Acepta entrada de generador
- Factor de potencia alta
- Transferencia automática entre la entrada externa AC y el modo inversor
- Estabilidad de operación alta por su sistema de microcontroladores
- Bypass sin las baterías conectadas
- Opcionalmente: control remoto

#### Protecciones contra::

- Sobre carga
- sobre temperatura
- sobre recarga
- batería baja,

OUTPUT POWER	RATED VOLTAGE
1KW	12VDC/24VDC
1.5KW	12VDC/24VDC
2KW	12VDC/24VDC/48VDC
3KW	12VDC/24VDC/48VDC
4KW	24VDC/48VDC





**ANEXO 6. FICHAS TÉCNICAS DE LÁMPARAS LED PROPUESTAS EN EL  
DISEÑO**



**SYLVANIA**

Interior

Luminarias LED

ORBIT 2 LED



### Características

- Luminarias para aplicación en interiores con tecnología LED de alta potencia, excelente ahorro de energía y reproducción de color.
- Refractor de policarbonato, reflector interior anti-deslumbramiento con aro color blanco de aluminio inyectado.
- Vida útil: 30.000 horas.
- Baja temperatura de funcionamiento.
- Incluye driver electrónico.
- Voltaje 100 - 277V 60hz.

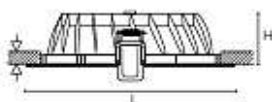
### Aplicaciones

- Oficinas.
- Colegios.
- Bancos.
- Residencias.
- Pasillos.

### Especificaciones

Código	Descripción Comercial	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	CCT (K)	Tensión de Línea (V)	Equivalencia	Vida útil (h)
P24820-06	Orbit 2 Led Downlight 5W 6500K	5	400	6500	100-277	CFL 5W	30000
P28528-06	Orbit 2 Led Downlight 5W 3000K	5	400	3000	100-277	CFL 5W	30000
P24824-08	Orbit 2 Led Downlight 9W 6500K	9	720	6500	100-277	CFL 20W	30000
P28534-06	Orbit 2 Led Downlight 9W 3000K	9	720	3000	100-277	CFL 20W	30000

### Dimensiones mm.



Modelo	L	H
Orbit 2 Led 5W	100	30
Orbit 2 Led 9W	123	30

**SYLVANIA**

Interior

Luminarias LED

**LED V PANEL EMPOTRABLE CIRCULAR****Características**

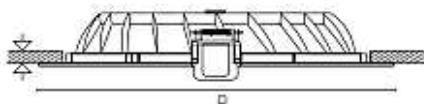
- Diseño ultraplano.
- Excelente control del deslumbramiento.
- Recomendada para aplicaciones residenciales.
- Vida útil: 15.000 horas a un flujo luminoso del 70%.
- Sustituto ideal de lámparas CFL E27.
- Reflector interior anti-deslumbramiento.
- Alto flujo luminoso en tamaño compacto.
- Luz instantánea.

**Aplicaciones**

- Oficinas.
- Colegios.
- Bancos.
- Residencias.
- Pasillos.

**Especificaciones**

Código	Descripción Comercial	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	CCT (K)	Tensión de Línea (V)	Equivalencia	Vida Útil (Hr)
P2548E-35	Led V Panel Empotrable Round 12w 3000K	12	1050	3000	85-260V	CFL 2x15W	15000
P2548G-35	Led V Panel Empotrable Round 12w 6500K	12	1050	6500	85-260V	CFL 2x15W	15000
P2549F-35	Led V Panel Empotrable Round 15w 3000K	15	1320	3000	85-260V	CFL 2x20W	15000
P2549G-35	Led V Panel Empotrable Round 15w 6500K	15	1320	6500	85-260V	CFL 2x20W	15000

**Dimensiones mm.**

Modelo	D
Led V Panel 12W	170
Led V Panel 15W	220

by **FEILO SYLVANIA**

**Nota:** Toda la información mostrada refiere a valores aproximados basados en condiciones de operación normales con equipo eléctrico auxiliar que cumple los valores de corriente especificados. Esta información está sujeta a cambio sin previo aviso.

59

**SYLVANIA**

Industrial

Luminarias LED

**WATERPROOF SUPERIA ECO LED****Características**

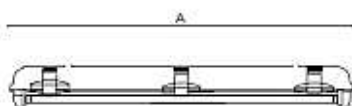
- Cuerpo y difusor de policarbonato estabilizado contra rayos UV.
- Resistente al calor y a prueba de impactos (IK07).
- Grado de protección IP65, hermético al polvo y contra chorros de agua.
- Temperatura de color 6 000 K.
- Vida útil de 40 000 horas.
- Difusor con óptica opal, diseñada para minimizar el deslumbramiento.
- Cierre de seguridad mediante sujetadores de acero inoxidable.
- Junta de poliuretano para garantizar el cierre hermético.

**Aplicaciones**

- Estacionamientos subterráneos.
- Industrias.
- Áreas de almacenamiento.

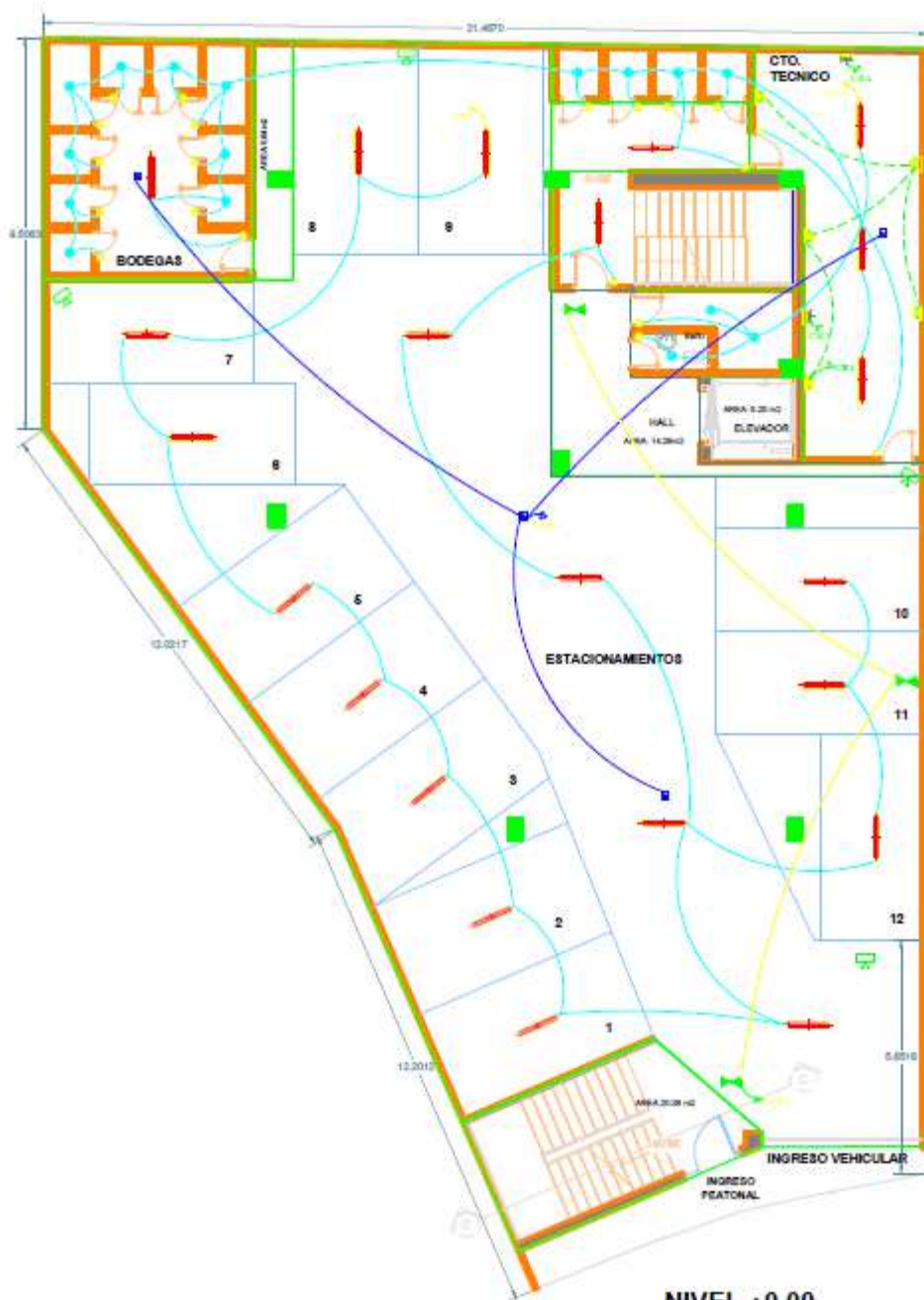
**Especificaciones**

Código	Descripción Comercial	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	CCT (K)	Tensión de Línea (V)	Equivalencia FTL	Vida Útil (H)
P2435E-35	Waterproof Eco Led 20W 6000K	20	1570	6000	100-240	2x17W	40000
P2435T-35	Waterproof Eco Led 40W 6000K	40	3400	6000	100-240	2x32W	40000

**Dimensiones mm.**

Modelo	A	B	C
Waterproof 40W	1000	90	60
Waterproof 20W	600	90	60

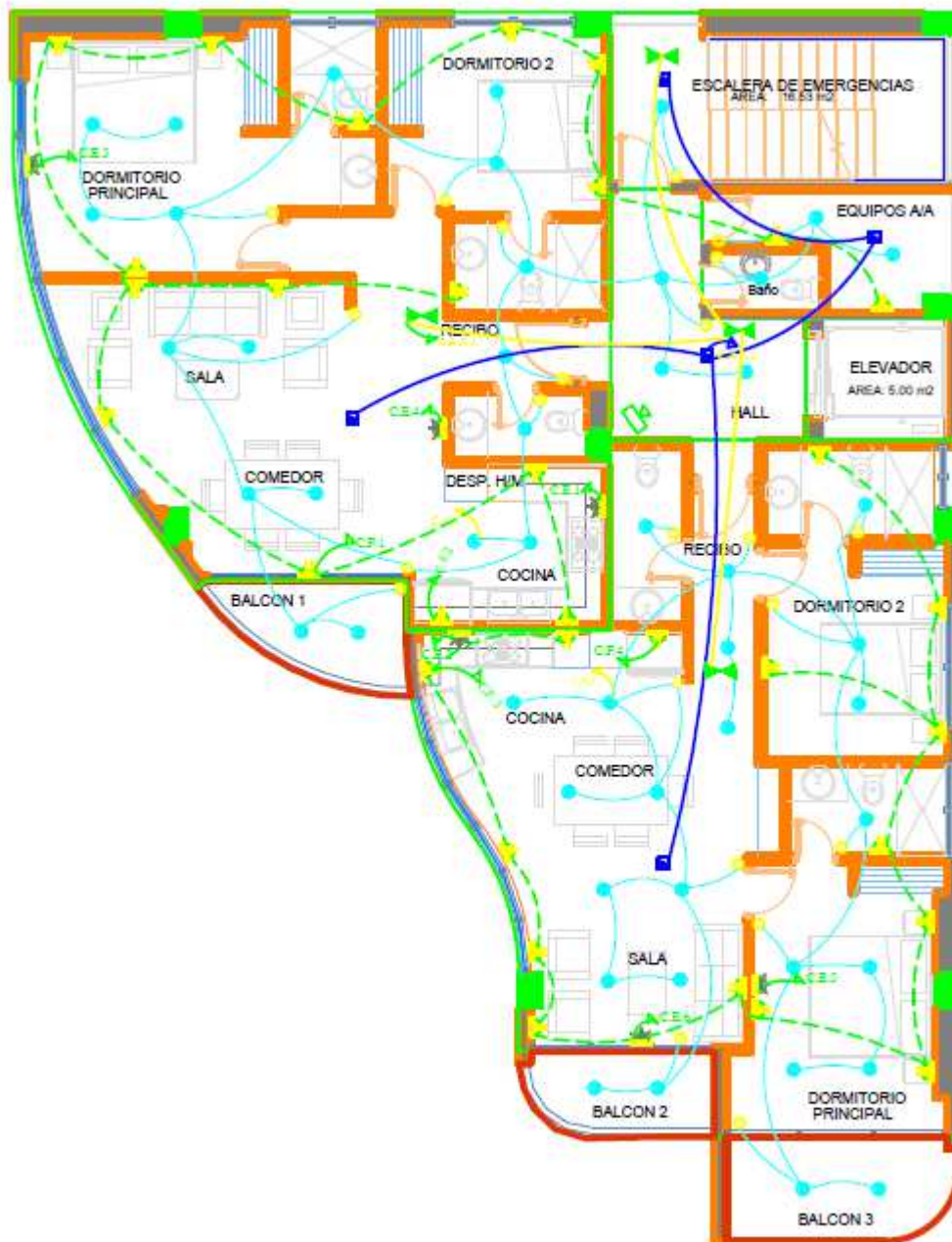
**ANEXO 7. PLANOS DEL EDIFICIO**



**NIVEL +0.00  
PLANTA ESTACIONAMIENTOS**







**NIVEL +7.56**  
**PRIMER PISO**





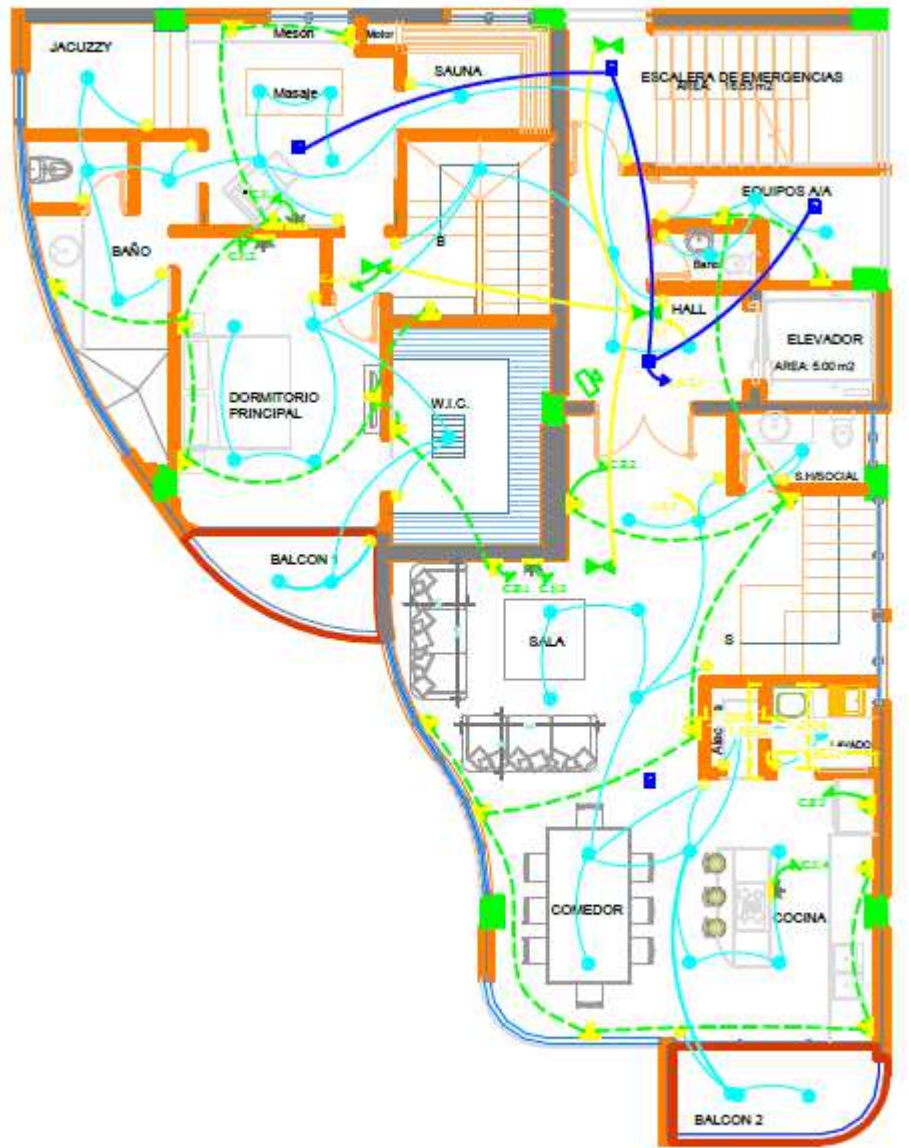
**NIVEL +11.16**  
**SEGUNDO PISO**







**NIVEL +14.76  
TERCER PISO**



**NIVEL +18.36  
CUARTO PISO**



**NIVEL +21.96  
QUINTO PISO**

