



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA BASADO  
EN PANELES FOTOVOLTAICOS PARA LA  
ILUMINACIÓN DE EXTERIORES EN LA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ,  
MUNICIPIO SAN DIEGO. ESTADO CARABOBO.**

**Autores**  
Peña Geraldine  
Ynfante Reynaldo

Urb. Yuma II, Calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 87



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA BASADO EN PANELES  
FOTOVOLTAICOS PARA LA ILUMINACIÓN DE EXTERIORES EN LA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ, MUNICIPIO SAN DIEGO,  
ESTADO CARABOBO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

Peña S, Geraldine Y.

C.I: 24.296.249

Ynfante S, Reynaldo D.

C.I: 24.661.434

**Tutor:** Castillo Emerly

C.I. 4.464.524

San Diego, Octubre de 2019



**FI-L-013-2019-2CR (TG)**

Valencia, 26 de Junio de 2019

Ciudadanos:  
Geraldine Peña  
C.I:24.296.249  
Reynaldo Ynfante  
C.I:24.661.434  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 26-06-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMAS BASADO EN PANELES FOTOVOLTAICOS PARA LA ILUMINACIÓN DE EXTERIORES EN LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ, MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO** Presentado por usted (es) como requisitos para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Emerly Castillo C.I:74.464.524 y la Ing. Alicia De Pizzela C.I:4.598.880 como Tutores Académico y Metodológico que los asesoraran en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

**Prof. Luis Lira**  
Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

### **ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ing. Emerly Castillo, portadora de la cédula de identidad N° 4.464.524, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Geraldine Peña, portador de la cédula de identidad N° 24.296.249 y Reynaldo Ynfante, portador de la cédula de identidad N° 24.661.434, titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA BASADO EN PANELES FOTOVOLTAICOS PARA LA ILUMINACIÓN DE EXTERIORES EN LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ, MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe. En San Diego, a los 15 días de Octubre año dos mil diecinueve.

**Ing. Emerly Castillo**  
**C.I.: 4.464.524**

## **DEDICATORIAS**

Le dedicamos este trabajo de grado primeramente a Dios, por darnos la oportunidad de cumplir esta meta tan importante en nuestras vidas, este logro no solo nos hará mejores profesionales, sino también mejores personas; También le dedicamos este logro a nuestros padres, hermanos y demás familiares que han estado en uno u otro momento a lo largo del camino, que nos han servido de motivación, inspiración y apoyo en los momentos difíciles.

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos agradecer a Dios todo poderoso por guiarnos en este camino, por el esfuerzo y constancia que nos brindó, el empeño para vencer las dificultades que se han presentado en esta etapa, y por darnos la oportunidad de culminarla.

A nuestra Tutora la Ingeniero Emerly Castillo por brindarnos su apoyo en este trabajo de grado y a la escuela de Ingeniería Civil.

A todas las personas que contribuyeron de alguna manera en este trabajo de grado.

### **Reynaldo Ynfante**

Quiero dar las gracias a todos mis familiares en general, por ser motivación en alguna etapa de este largo camino, sin poder nombrarlos a todos, principalmente quiero darle las gracias a mis padres Reynaldo Javier Ynfante y Nancy Serrano, por ser mis bastón, por su paciencia y comprensión, por apoyarme siempre y estar conmigo hasta esta etapa final, a Gabriela Ynfante que a pesar de la distancia ha dicho presente, gracias; a Vanessa Ynfante por ser participe en esta etapa y darme motivación, gracias, gracias a mis compañeros por compartir toda esta etapa lograda, gracias a la Ingeniero Emerly Castillo por ser más que una profesora, a todos ustedes gracias.

### **Geraldine Peña.**

Le doy gracias a mis padres Ana Sarmiento y Gerardo Peña, quienes me han enseñado los valores de la vida para ser una mejor persona a nivel personal y profesional, a mi familia por estar en cada momento de debilidad y darme fuerzas para lograr las metas propuestas, a mis amigos, profesores y todas aquellas personas que han estado en cada segundo de vida brindándome su apoyo.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp.
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN INFORMATIVO.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO

#### I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivos General.....	5
1.3.2 Objetivos Especifico .....	5
1.4 Justificación del Problema.....	6
1.5 Alcance.....	7
1.6 Limitación.....	7

#### II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación.....	8
2.2 Base Teórica.....	12
2.2.1 Energía.....	12
2.2.2 Fuentes para la generación de Energía.....	14
2.2.3 Energías Renovables.....	15
2.2.4 Energía Eólica.....	15

2.2.5 Energía de Biomasa.....	17
2.2.6 Energía Hidráulica.....	17
2.2.7 Energía Mareomotriz.....	18
2.2.8 Energía Geotérmica.....	20
2.2.9 Energía Solar.....	20
2.2.10Energía Solar Térmica.....	21
2.2.11Energía solar fotovoltaica.....	21
2.2.12 Ventajas, desventajas e impacto de la generación de electricidad.....	23
2.2.13 Radiación Solar.....	25
2.2.14 Tipos de Radiación Solar.....	27
2.2.15 Día solar promedio.....	28
2.2.16 Panel Solar.....	29
2.2.17 Estructura de un panel fotovoltaico.....	30
2.2.18 Células Fotovoltaicas.....	31
2.2.19 Tipos de células fotovoltaicas.....	32
2.2.20 Parámetros que determinan una célula fotovoltaica...	37
2.2.21 Sistema Fotovoltaico.....	38
2.2.21.1 Procesos del sistema fotovoltaico.....	39
2.2.21.2 Generación.....	39
2.2.21.3 Regulación.....	39
2.2.21.4 Almacenamiento.....	40
2.2.22 Transformación.....	42
2.2.22.1 Inversores Solares.....	42
2.2.23 Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	43
2.2.23.1 Sistemas fotovoltaicos aislados.....	43
2.2.23.2 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red...	44

2.2.23.3	Sistemas fotovoltaicos conectados a la red con respaldo de un banco de batería.....	45
2.2.23.4	Sistema fotovoltaico híbrido. ....	46
2.2.24	Estudio de las condiciones climáticas para la implementación del sistema fotovoltaico.....	47
2.2.25	Análisis del sistema eléctrico nacional en generación y distribución de electricidad.....	56
2.2.26	Impacto ambiental por generación de electricidad....	58
2.2.27	Análisis del ciclo de vida.....	63
2.2.28	Ubicación del proyecto.....	73
2.3	Bases legales y normativa.....	73
2.4	Definición de términos.....	77

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1	Tipo de Investigación.....	79
3.2	Diseño de la Investigación.....	79
3.3	Nivel de la Investigación.....	80
3.4	Población y Muestra .....	80
3.5	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	81
3.6	Fases Metodológicas.....	83

### **IV RESULTADOS**

4.1	Realizar un diagnóstico de la demanda energética actual de la Universidad José Antonio Páez.....	85
4.2	Proponer un sistema de iluminación para las áreas exteriores mediante el uso de paneles fotovoltaicos.....	100

4.3	Estudiar el aprovechamiento de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos.....	104
4.4	Elaborar la ingeniería a detalle de los equipos a instalar correspondiente al sistema fotovoltaico.....	105
<b>V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
5.1	Conclusiones.....	116
5.2	Recomendaciones .....	118
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		119
<b>ANEXOS</b>		
ANEXO A: Plano del sistema de iluminación campus de la Universidad José Antonio Páez.....		122
ANEXO B: Ubicación y distribución de los tableros de las luminarias existentes.....		123
ANEXO C: Vistas del campus de la universidad José Antonio Páez de la iluminación propuesta de las lámparas con paneles solares....		124

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CONTENIDO

<b>Figura</b>		<b>Pp</b>
1	Dinámica de la energía en el planeta tierra.....	14
2	Granja Eólica.....	16
3	Sistema de generación hidroeléctrica.....	18
4	Generador de corriente.....	19
5	Presa de marea.....	19
6	Planta de energía geotérmica.....	20
7	Granja solar.....	23

8	Comparación en el uso de energía fotovoltaica y energía a base de combustibles fósiles .....	25
9	Espectro de radiación solar.....	25
10	Tipos de radiación.....	28
11	Irradiación Solar.....	29
12	Estructura de un panel fotovoltaico.....	31
13	Estructura de una célula fotovoltaica.....	32
14	Celdas fotovoltaicas amorfas.....	33
15	Celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino.....	34
16	Células fotovoltaicas de silicio policristalino.....	35
17	Células de arseniuro de galio.....	36
18	Células bifaciales.....	37
19	Curva característica de un panel solar.....	38
20	Sistema fotovoltaico.....	39
21	Sistema fotovoltaico aislado.....	44
22	Sistema fotovoltaico conectado a la red.....	45
23	Sistema fotovoltaico conectado a la red con respaldo de banco de batería.....	46
24	Sistema fotovoltaico híbrido.....	47
25	Clima promedio anual.....	25
26	Temperatura máxima y mínima anual.....	49
27	Nubosidad promedio anual.....	50
28	Probabilidad diaria de precipitación.....	51
29	Precipitación de lluvia mensual promedio.....	52
30	Salida y puesta del sol.....	53
31	Niveles de humedad.....	54
32	Velocidad promedio del viento.....	55
33	Energía solar incidente promedio diaria anual.....	56

34	Estructura del análisis del ciclo de vida con la norma ISO/TR que influyen en cada etapa.....	64
35	Fases de un proceso para su ACV.....	65
36	Tipos de célula fotovoltaica de izquierda a derecha: monocristalino, policristalino, thin film.....	66
37	Eficiencia según el tipo de célula fotovoltaica.....	66
38	Etapas del ciclo de vida de un sistema fotovoltaico.....	67
39	Fases del proceso.....	69
40	Vista aérea plano de planta de la UJAP.....	73
41	Distribución a media tensión de la UJAP.....	86
42	Transformadores seco y Pad Mauted.....	87
43	Luminarias exteriores de la UJAP.....	88
44	Grupos de Protecciones (A, B, C y D) .....	89
45	Generador eléctrico.....	90
46	Grupo electrógeno.....	91
47	Ficha técnica de la lámpara solar Modelo DUL-139BN	102
48	Lámpara solar con batería recargable incluida y sensor de movimiento.....	102
49	Ficha técnica del reflector solar Modelo LX930100W.....	103
50	Reflector solar.....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

### CONTENIDO

<b>Tablas</b>		<b>Pp</b>
1	Comparación de energías eléctricas.....	25
2	Características de la planta eléctrica .....	91
3	Características del Grupo Electrógeno .....	92

4	Consumo de combustión del generador eléctrico y emisiones generadas.....	94
5	Consumo de combustión por el grupo electrógeno y emisiones generadas.....	94
6	Consumo en kW/h de las luminarias existentes.....	96
7	Cálculo de la demanda instalada en kVA .....	98
8	Comparación de lúmenes por sistemas.....	107
9	Cálculo de los requerimientos para cubrir la demanda propuesto.....	108
10	Consumo energético anual del sistema iluminación externa convencional.....	110
11	Consumo energético anual del sistema iluminación externa fotoeléctrica.....	110
12	Costo de los Equipos y Materiales.....	111
13	Costo estimado de Mano de Obra. ....	112
14	Interpretación de la relación de Costo Beneficio del proyecto.....	112
15	Relación costo beneficio de la propuesta.....	113
16	Costo de la demanda energética.....	115



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA BASADO EN PANELES  
FOTOVOLTAICOS PARA LA ILUMINACIÓN DE EXTERIORES EN LA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ, MUNICIPIO SAN DIEGO,  
ESTADO CARABOBO**

**Autor(es):** Peña S, Geraldine Y  
Ynfante S, Reynaldo D  
**Tutor:** Ing. Emerly Castillo  
**Fecha:** Octubre de 2019

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tiene como propósito desarrollar un sistema de iluminación autónomo, basado en paneles fotovoltaicos que abastece la iluminación de exteriores en la Universidad José Antonio Páez. Con relación a la metodología de la investigación utilizada; la misma se basa en la modalidad de proyecto factible, apoyada de una investigación aplicada de tipo no experimental; mediante el propósito de obtener beneficios ya que se estará implementando un sistema de generación eléctrica independiente de la red convencional de energía y estaremos colaborando con el ambiente. Para las generaciones futuras dentro de la universidad servirá de ejemplo para el desarrollo de estos en otras áreas.

**Descriptor(es):** Energía, Generación, Autónomo, Paneles Fotovoltaicos, Iluminación, Fuentes Renovables, Sostenibilidad.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace ya un tiempo el mundo se está viendo enfrentado a problemas energéticos, debido al agotamiento de los combustibles fósiles, como las medidas de reducción del uso de combustibles fósiles por parte de los países del G20 y al alto grado de contaminación que genera la combustión de estos recursos no renovables. Frente a la crisis se han tomado medidas que apuntan a una mejor utilización de los recursos energéticos existentes, como la situación del consumo de energía procedente de combustibles fósiles por fuentes de energía alternativas como la energía solar fotovoltaica, eólica y geotérmica, ya que al ser renovables son sustentables en el tiempo, solucionando los múltiples problemas ambientales, sociales y económicos que estas generan.

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce mediante unos receptores denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones, hoy en día constituyen una tecnología de generación eléctrica renovable.

Venezuela es un país con gran potencial para el desarrollo de la energía solar, donde se promedia una insolación de cinco horas diarias, se puede incrementar hasta en un 10% la adecuación de nuevas plantas ubicadas a las posiciones del sol con esta novedosa tecnología. En el año 2001 se iniciaron experiencias de aprovechamiento de la energía solar, siendo el poblado de Los Cedros, en el Estado Sucre, uno de los pioneros en esta materia, pues algunas de sus casas se abastecen de la electricidad proveniente de paneles solares, teniendo la capacidad y potencia suficiente para satisfacer las necesidades de la

población. En los últimos años se ha agudizado la crisis con cortes eléctricos desmejorando la calidad de vida del venezolano.

En este proyecto se realizará una propuesta de un sistema autónomo para la iluminación de exteriores mediante el uso de energía fotovoltaica con paneles solares, que sirva como punto de partida para la incorporación progresiva de todas las áreas al sistema de energía renovable.

Debido a lo anteriormente expuesto, este trabajo cuenta con una estructuración por capítulos como lo es:

**Capítulo I:** Planteamiento del problema, justificación del problema, objetivos generales, objetivos específicos y justificación de la investigación.

**Capítulo II:** Antecedentes, marco teórico, bases legales y definición de términos básicos.

**Capítulo III:** Tipo de investigación, diseño de investigación, nivel de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y fases metodológicas.

**Capítulo IV:** Resultados, donde se representa los hallazgos obtenidos en la propuesta planteada.

**Capítulo V:** Se establecen las conclusiones, recomendaciones y las referencias de estudio realizados con la finalidad de dar a conocer la importancia de la generación de este tipo de energía y lo beneficiosa que puede llegar a ser.

# **CAPITULO 1**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del Problema**

El creciente costo económico y ambiental de los combustibles fósiles ha promovido el desarrollo de fuentes renovables como alternativas energéticas. Entre las fuentes de energía renovable de mayor potencial figura la energía solar, disponible en todo el mundo y catalogada como un recurso universal que no tiene costo. Los sistemas de iluminación se clasifican en dos grupos: los convencionales y los no convencionales. Ambos sistemas se pueden alimentar de la red doméstica de abastecimiento de energía eléctrica, pero los sistemas no convencionales son especialmente interesantes por alimentarse con energía proveniente de fuentes renovables.

Venezuela se encuentra presente en una problemática de electricidad bastante crítica a causa de diversos factores, entre ellos, la politización, por encima de lo técnico y lo económico, la falta de inversión en mantenimiento y gerencia en los últimos años, siendo más alarmante al transcurrir el tiempo, la baja eficiencia de generación y distribución de energía eléctrica que presenta el país a nivel nacional, ha recurrido a la construcción de plantas termoeléctricas que presentan solución a la demanda energética; sin embargo, una de las maneras para suplir esta necesidad es la implementación de plantas eléctricas o grupos de electrógenos de alta capacidad a primera instancia, no siendo armoniosos con el ambiente y teniendo una afectación contaminante de corto y largo alcance en ruido, combinación de emisiones de gases y fuertes vibraciones que afecta de manera directa a la comunidad.

El impacto ambiental de los motores de combustión interna (MCI) están estrechamente relacionados con un problema social surgido por la utilización

creciente de los mismos; la elevación de emisiones de gases de efecto invernadero, los niveles de emisiones de sustancias tóxicas y la generación de altos niveles de ruido y temperatura ha generado preocupación en la sociedad civil en general. Las discusiones internacionales acerca de las causas e implicaciones para la humanidad del llamado efecto invernadero provocado por las crecientes emisiones a la atmósfera de gases tales como CO<sub>2</sub>, metano, óxido nítrico y los cloro-fluorocarburos, reflejan la necesidad de un enfoque integral en el tratamiento de los problemas ambientales y del desarrollo, así como la necesidad de una acción concertada de la comunidad nacional e internacional para mitigar los efectos del calentamiento global.

La situación actual de las condiciones eléctricas de acometidas, canalizaciones, tableros, protecciones, sistema de iluminación, cargas prioritarias, entre otros, existentes en las edificaciones de la Universidad José Antonio Páez presenta una serie de irregularidades, los principales déficits son de funcionamiento y operatividad, siendo la hora de recortes eléctricos por el sistema eléctrico nacional muy comunes por falta de generación, creando el desequilibrio en las actividades, y colocando en funcionamiento un grupo de electrógeno y la planta eléctrica, teniendo dificultades en la operatividad del recinto.

El impacto generado por las vibraciones que ejerce la planta eléctrica y el grupo electrógeno tendrá afectación directa en un corto y mediano plazo con la estructura de los edificios y producir amplitudes de deformación perjudiciales, la presencia de posibles rastros de fisuras en las superficies estucadas de las paredes, incremento del ancho de grietas preexistentes o desprendimiento de elementos como bloques o baldosas se constituyen en posibles causas de reducción en la capacidad de funcionamiento de la edificación.

Otro gran déficit es la desinformación por parte del personal de la distribución y canalización del sistema en general, teniendo varias

modificaciones en cuanto a planos, acometidas, cargas, mejoras, mantenimiento, reemplazos, etc. sin dejar registro alguno de las modificaciones realizadas.

Es necesario darle paso a las nuevas tecnologías que serán el futuro, por eso es importante integrarse a la eco sostenibilidad, no sólo brinda un apoyo práctico para el desarrollo humano, también permite mantener en sintonía el medio ambiente con la calidad de vida. Es indispensable estimular la agenda de sostenibilidad como es la de los países del G20 que es reducir a la mitad el consumo de combustibles fósiles para el 2030 y la agenda de sostenibilidad y desarrollo para 2050, como es garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos, aumentando considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas, duplicar la tasa de mejora de la eficiencia energética, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos limpios, modernos y sostenibles.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cómo se puede mejorar el sistema de iluminación de exteriores en la Universidad José Antonio Páez?

## **1.3. Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1. Objetivo General**

Desarrollar un sistema de iluminación autónomo, basado en paneles fotovoltaicos para la iluminación de exteriores en la universidad José Antonio Páez.

### **1.2.2. Objetivos Específicos.**

- Realizar un diagnóstico de la demanda energética actual de la Universidad José Antonio Páez.
- Proponer un sistema de iluminación para las áreas exteriores mediante el uso de paneles fotovoltaicos.
- Estudiar el aprovechamiento de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos.

- Elaborar la ingeniería a detalle de los equipos a instalar correspondiente al sistema fotovoltaico.

#### **1.4. Justificación**

Un país en vías de desarrollo debe plantear un plan para el desarrollo energético y asegurar el suministro continuo e ininterrumpido a la población, así como también la estabilidad necesaria. Cabe mencionar que un sistema con estas características da a quien lo utilice un alto nivel de autonomía energética, contribuyendo también con el mejoramiento de la calidad ambiental y reduciendo los aportes al calentamiento global.

En este proyecto se sustentarán las bases de lo que requiere la Universidad José Antonio Páez para la implementación de la energía fotovoltaica con el fin de generar energía eléctrica limpia proveniente de la radiación solar.

Desde hace unos años Venezuela atraviesa por una grave crisis energética que provoca cortes eléctricos, repercutiendo en la calidad de vida del venezolano. La población sigue creciendo, representando una demanda potencial aun mayor de electricidad la cual el sector eléctrico de nuestro país no está en capacidad de solventar.

Frente a esta crisis surge la necesidad de estudiar energías alternativas que se están aplicando con éxito a nivel mundial como lo es la energía fotovoltaica, pensando en la responsabilidad social de preservar el medio ambiente en pro de un desarrollo sustentable de cara hacia el futuro.

La energía fotovoltaica funciona independiente de la red eléctrica no siendo susceptible a sufrir de perturbaciones producto a las interrupciones o fallas que ocurran.

Venezuela por su ubicación geográfica hace viable la generación de electricidad por medio de la energía fotovoltaica ya que su incidencia solar es alta.

La importancia de este proyecto radica en que los resultados de los mismos proporcionan a la Universidad y a los estudiantes un soporte que demuestre los beneficios que aporte el uso de este sistema, el cual a su vez permita sustentar la aplicación de esta tecnología en proyectos futuros.

#### **1.4. Alcance.**

Se pretende desarrollar un estudio de iluminación de exteriores con energía proveniente de paneles solares, el cual estará ubicado en la Universidad José Antonio Páez, que incluya las áreas de estacionamiento, áreas verdes y alrededor de los edificios que conforman dichas instalaciones.

No se estudiará el sistema de iluminación interna de la Universidad José Antonio Páez.

#### **1.5 Limitaciones de La Investigación.**

Una limitación identifica posibles debilidades del estudio. Ya sea un análisis, la naturaleza del auto-informe, sus instrumentos o la muestra. Donde existen amenazas a la validez interna que no pueden ser evitadas o minimizadas. Una de las limitaciones de esta investigación fue la inconsistencia e incongruencia entre la información de los planos, lo existente en la realidad y la información que maneja el personal técnico de planta física, lo cual dificultó el desarrollo del diagnóstico y produjo retrasos e indefiniciones en cuanto al funcionamiento de algunos componentes del sistema, canalizaciones, distribuciones, entre otros.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

Los antecedentes de la investigación forman parte fundamental en la realización de un proyecto de grado, es por ello que el presente trabajo requiere de distintas consultas a investigaciones anteriores para fundamentar su desarrollo. A continuación, se hará una breve reseña de estudios previos semejantes al presentado en esta propuesta, al respecto, Arias (2006) expresa: “Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones” (p. 48).

#### **Antecedentes Internacionales**

Alepuz, Rubén (2016), presento el proyecto “Instalación de fotovoltaica de 5.8MW para la generación de energía eléctrica situada en Almansa”, para obtener el grado de ingeniería en tecnologías industriales en la Universidad Politécnica de Valencia. Dicho proyecto presenta el diseño de una planta solar fotovoltaica de 5.8MW de potencia, en una comunidad de la ciudad de Albacete en España. Para el funcionamiento de la planta, el proyecto sugiere 20,000 paneles fotovoltaicos de 290W cada uno. Como parte del proyecto, se encuentra el análisis de las condiciones naturales para el desarrollo de un proyecto de energía solar, como los datos de irradiación y el mejor ángulo lograr el óptimo desempeño de la planta solar. Asimismo, presenta el análisis económico de dicho proyecto y detalles del diseño de construcción de la planta solar.

Maldonado, A. (2014) desarrollo la presente investigación titulado “Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sustentable”. Desarrollado en la Universidad Nacional Autónoma de México.

El objetivo principal era estudiar la factibilidad técnica y viabilidad económica de un sistema de autoabastecimiento eléctrico con base a paneles fotovoltaicos en una casa habitación en el Municipio de Tayacapan, Estado de Morelos, dado que el municipio presenta niveles muy atractivos de radiación solar durante casi todo el año. Analizar diferentes configuraciones de sistemas Fotovoltaicos a diferentes voltajes de trabajo, con y sin baterías y paneles de diferente calidad, en función de los costos de inversión, mantenimiento y operación de dichos sistemas determinar cuál configuración de operación genera resultados de rentabilidad económica más atractivos.

El presente antecedente se relaciona con la investigación, ya que evalúa las propiedades climáticas de la zona, analiza la factibilidad de abastecimiento energético por medio de la energía Solar y expreso un notable interés en patentar este tipo de energía gracias a que no es contaminante y contribuye al equilibrio medio ambiental.

#### **Antecedentes Nacionales**

Miranda y Pastrán (2019), realizaron una investigación que consistió en la comparación teórica de sistemas ecoeficientes, como lo son la energía solar y la energía eólica para el abastecimiento Eléctrico con el sistema de abastecimiento eléctrico convencional, en las Edificaciones del Proyecto integrado del Sector Vista Mar, las cuales son Centro asistencial de rehabilitación y terapia física; complejo multideportivo vertical especializado en arena y tenis; estadio de fútbol Nacional, Puerto Cabello. Estado Carabobo. El mismo incluye una serie de investigaciones y documentación sobre la misma problemática existente en el territorio Nacional, y su afectación ambiental a nivel general, este antecedente está estrechamente ligado ya que investiga consumos energéticos en el mismo Estado Carabobo, afectación de la zona, parámetros climáticos, emisiones de CO<sub>2</sub>, entre otros. Haciendo hincapié en buscar formas de abastecimiento energético autónomo y ecoeficientes, para cubrir la demanda y contribuir con el cuidado del ambiente.

Windevoxhel, Stephanie (2018), realizo un trabajo de investigación titulado “Diseño de un Centro Multideportivo Especializado en las Disciplinas de Arena y Tenis en la propuesta de reordenamiento Urbano del Sector Vista mar Del Municipio de Puerto Cabello, Edo. Carabobo”, Desarrollado en la Universidad José Antonio Páez para optar por el Título de Arquitecto, La investigación consistió en diseñar una propuesta de reordenamiento Urbano en el sector Vista Mar del Municipio de Puerto Cabello, Edo. Carabobo que la edificación con una galería deportiva, un área de las cabinas de radio y tv, un área de designado a la cancha de fútbol de arena con sus gradas y servicios y en la última ala, se ubican las canchas de voleibol de arena con sus gradas, locales comerciales, áreas de descanso, sanitarios y servicios. Adicionalmente cuenta con un diseño de un restaurante con vista panorámica hacia el mar, varios ambientes y una terraza, además de sus áreas de servicio, sanitarios y cocina.

Al igual que los otros proyectos la relación del antecedente antes mencionado es que se le realizó un estudio de instalación de energías alternativas Solar y eólica para así realizar un análisis comparativo con el sistema convencional y elegir el tipo de sistema ecoeficientes a utilizar

Aquino y Flores (2012), realizaron un “Estudio de la Caracterización de las Cargas en los Sectores Residencial, Comercial e Industrial”, en la ciudad de Valencia para la empresa de suministro eléctrico ELEVAl, el mismo involucra la búsqueda de información acerca de los factores que influyen en el consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores existentes en la ciudad, tomando en cuenta los estratos socioeconómicos en la zona residencial y la diversidad económica en los sectores comercial e industrial. Este estudio demostró como el tamaño de la vivienda y el nivel de educación, tiene influencia directa en el consumo de energía y en la utilización de ciertos tipos de equipos eléctricos. Al igual que esta investigación, el presente estudio contempla la estimación de la demanda partiendo de la caracterización de la carga, ya que uno de los objetivos planteados en la misma es la de tipificar las cargas, dependiendo si es del tipo urbana o

comercial y en base a sectores de alto, medio y bajo consumo para que la empresa suministradora de energía CADAPE, establezca las tarifas acordes a la realidad de los usuarios para el cobro de la energía consumida, una vez cuantificadas las cargas que son los dos tipos antes señaladas en el circuito en estudio.

Ledezma (2012). Rediseño de las redes de distribución de baja tensión para la comunidad Las Peñitas del municipio Rafael Guillermo Urdaneta, del Estado Aragua. Trabajo especial de grado para optar el título de técnico superior universitario en electricidad, mención instalaciones eléctricas, en el instituto universitario de tecnología Antonio José de Sucre, extensión Maracay. Este estudio tuvo como propósito realizar modificaciones en las redes de distribución del sector a fin de disminuir las pérdidas por el hurto de energía y garantizar un servicio de manera continua, eficiente y no discriminatoria. Para ello el autor realizó un análisis de los elementos que integran la red de distribución de baja tensión del sector, y ubicó los puntos de transformación a fin de evaluar las deficiencias y diseñar posibilidades de mejora. La investigación estuvo enmarcada en la modalidad Proyecto Factible, diseño no experimental, tipo de campo, de nivel de conocimiento descriptivo.

Zambrano, Cinthya (2011), realizó un trabajo de investigación titulado “Diseñar un sistema complementario de generación de electricidad a partir de energía solar en la estación La Aguada del Sistema Teleférico de Mérida, Estado Mérida”, Desarrollado en la Universidad de los Andes, donde fue necesario estudiar la interacción de todas las variables del sistema fotovoltaico, tal que pudiera cubrir la carga eléctrica demandada con las condiciones del recurso solar establecidas. En este trabajo se utilizaron el software libre HOMER, el cual toma en cuenta los costos del mercado solar actual; las eficiencias, tamaños, tiempo de vida útil, de cada componente, entre otros factores eléctricos; arrojando una lista de combinaciones posibles de dichos elementos, indicando que la mejor opción técnico-factible para “La

Aguada” es: Arreglo fotovoltaico de mínimo 50 kW, 1200 baterías de ciclo profundo e inversor de mínimo 20 kW.

Posteriormente, seleccionaron las marcas de los componentes correspondientes para así configurar un arreglo preliminar de los módulos solares, en donde obtuvieron los siguientes resultados: 278 paneles solares dispuestos en aproximadamente 431m<sup>2</sup>, espacio que abarca sin problema parte del techo de la estación, demostrando que, desde este punto de vista, el proyecto es factible. Tomándose una demanda eléctrica de menor tamaño correspondiente a un área específica de la estación: el Museo, el requerimiento de potencial por el arreglo fotovoltaico se reduce significativamente, disminuyendo así el área requerida y los costos de inversión (1,322 \$ / kWh), presentando oportunidad de implementación y factibilidad, con las ventajas ambientales señaladas, a pesar de seguir siendo menos rentable económicamente que los métodos convencionales.

El presente antecedente se relaciona con la investigación, ya que evalúa las propiedades climáticas de la zona, y analiza la factibilidad de abastecimiento energético por medio de la energía Solar.

Entre otros proyectos de energía solar, se puede mencionar debido a su importancia, el desarrollado en el año 2001 por la empresa SOLARTEC, filial de la estadounidense solar electric specialities, para satisfacer la demanda energética en el pueblo los Cedros, en el Estado Sucre, compuesto de 19 viviendas. Esta utilización exitosa se pretendía extender hasta Macuro, también el Estado Sucre, en un proyecto que contemplaba la instalación de 3.000 paneles solares e incluía la instalación de una fábrica de paneles solares lo cual convertiría a Venezuela en exportadora de paneles solares a Estados Unidos y a los países de centro América y Suramérica. Sin embargo, no se tienen mayores noticias sobre esto y se desconoce si este proyecto prospero.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Energía**

La energía es un concepto asociado al movimiento en general y una de las definiciones más complejas que el hombre ha pretendido establecer, está

en todas partes, desde el micro-entorno hasta el sistema solar. Para comprender el papel de la energía en la ciencia se puede partir de la definición de trabajo, que representa en física “El movimiento de un objeto por la acción de la fuerza” (Brinkworth, 1981. p.49 citado de Cinthia, Z. 2011). La energía está presente en todas las actividades humanas y su disponibilidad es un requisito indispensable para el desarrollo de los pueblos, la energía eléctrica es uno de los mayores descubrimientos de la humanidad y a su vez el pilar fundamental para el progreso tecnológico y social del siglo XXI (Revista Sembrando Luz, marzo 2012).

La electricidad es la forma de energía que la mayoría de los equipos utilizan para funcionar. Debido al crecimiento de la población y con ella el aumento de la demanda eléctrica, se ha emprendido la búsqueda de nuevas fuentes de energía, y nuevos sistemas de producción eléctrica, basados fundamentalmente en el uso de energías renovables, las cuales son las que se derivan de la energía que el sol envía de forma continua a la tierra, se pueden recuperar bajo diferentes formas: radiación solar, viento, movimiento de aguas, etc. Actualmente países pertenecientes a la Unión Europea, y algunos del continente americano, han llevado a cabo proyectos de 35 energías limpias, en búsqueda de que el aprovechamiento de éstas, sea factible tanto técnica como económicamente, lo que ha motivado a otros países, incluyendo Venezuela.

A través de la historia de la civilización se puede identificar una evolución constante en el aprovechamiento de la energía. Desde la utilización del fuego para el calentamiento y cocción de alimentos de los primeros habitantes de la Tierra, pasando por el uso de la propia energía muscular del hombre y de los animales, la energía del viento: barcos a vela y molinos de viento; la energía del agua o hidráulica: molinos de trigo y otros cereales, hasta la de la sociedad actual altamente dependiente de los combustibles fósiles: petróleo, gas natural y carbón, para su funcionamiento.

Es entonces, la producción, transformación y consumo de energía motorizan el sistema de producción; prácticamente no hay ningún tipo de

actividad humana orientada a satisfacer la producción de bienes y servicios que no necesite del impulso de algún tipo de energía. Así el sistema de producción depende de la energía para su funcionamiento, pero, además, depende también de otros recursos naturales para poder producir los bienes finales. Obsérvese entonces, que no hay producción que no provenga en última instancia, de alguna fuente de recursos naturales (Revista La Luz del Alba; 2008).

En consecuencia, la radiación o energía solar incide en toda la dinámica del planeta Tierra, afectando los ciclos naturales, generando la vida de los seres vivos, y promoviendo otras manifestaciones de energías que se obtienen de forma artesanal para la subsistencia, desde la antigüedad; o a través de procesos industriales para atender necesidades sociales y productivas de las civilizaciones contemporáneas (Ver figura 1).



**Figura 1 - Dinámica de la energía en el planeta tierra**

Fuente: Revista La Luz del Alba, 2008

### 2.2.2 Fuentes para la generación de energía.

Existen muchas fuentes de energía, consideradas primarias, que a su vez se transforman en otro tipo de energía para cumplir con funciones

específicas mediante tecnologías de transformación. Por ejemplo, la energía hidráulica se puede transformar en eléctrica que más tarde se transforma en energía calórica y luminosa al encender un bombillo. (Posso, 2010 citado de Cinthia, Z. 2011). La figura 2 esquematiza la estructura fundamental de un sistema energético genérico en la actualidad, incluyendo ejemplos para cada uno de sus elementos.

### **2.2.3 Energías Renovables**

Las energías renovables son aquellas que se producen de manera continua y que en un periodo de corto tiempo están de nuevo disponibles para ser utilizadas. Estas energías son inagotables y poseen la ventaja de poder completarse entre ellas, lo que favorece su integración

También son llamadas energías verdes, ya que sus efectos negativos con el medio ambiente son mucho menores a los impactos ambientales que son generados por las energías convencionales, como los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), energía nuclear, entre otras.

Durante los últimos años, la concientización sobre el impacto ambiental y el agotamiento de las fuentes fósiles que genera la industria energética ha llevado al mundo a buscar nuevas fuentes de energías y es justo aquí donde se está produciendo un renacer de las energías renovables.

La sustentabilidad de estas energías viene dada a que son fuentes inagotables y tienen un gran que garantiza el suministro electro en el pasar del tiempo.

### **2.2.4 Energía Eólica**

La energía eólica aprovecha la energía almacenada en el viento utilizando aerogeneradores convirtiéndola en energía mecánica de rotación, que puede utilizarse directamente para el movimiento de las maquinas o para generar energía eléctrica. La energía del viendo tiene relación las masas de aire que se desplazan desde áreas de alta presión atmosférica hacia otras de baja presión, con velocidades proporcionales con el gradiente de presión.

Del 1% al 2% de la radiación solar es transformada en viendo, generado por el calentamiento uniforme de la superficie terrestre, si este

porcentaje se aprovechara en su totalidad sería suficiente para abastecer cinco veces la necesidad energética mundial anual, pero la tecnología actual sólo permite aprovechar los vientos horizontales y próximos al suelo con una velocidad mínima de 20km/h y máxima de 80km/h.

Los parques eólicos (Ver figura 2) son instalaciones de muchos aerogeneradores o molinos de vientos, que producen grandes potencias eléctricas para satisfacer las demandas requeridas por una población que necesite ser abastecida energéticamente.



**Figura 2 - Granja Eólica**

**Fuente:** Energiaestrategicas.com

Para desarrollar esta energía es necesario realizar un estudio que demuestre la viabilidad del viento como fuente de energía, en este estudio intervienen algunos factores que mencionaremos a continuación:

- Procedimiento de tomas de los datos necesarios a analizar, variables a medir (viento y dirección), frecuencia de muestreo, entre otros.
- Instrumentación a utilizar tal como, anemómetro, veleta, etc.

Sin embargo, la evaluación de los recursos eólicos presenta algunos problemas que se ven directamente reflejados en el desarrollo y funcionamiento de dicha energía

- Se necesita disponer de medidas de velocidad y dirección del viento por períodos largos, de modo de obtener un modelo lo más representativo posible a la realidad en el pasar del tiempo.
- La variabilidad del viento dependiendo de la estación del año, día y hora.

### **2.2.5 Energía de Biomasa**

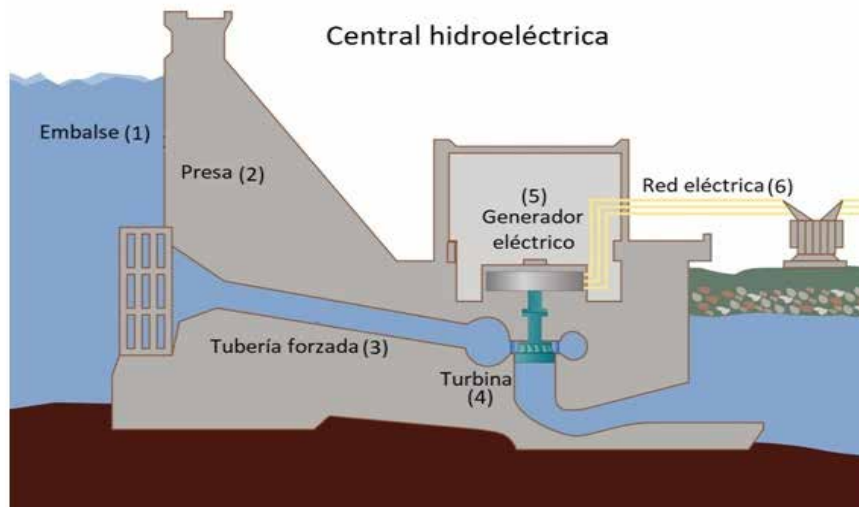
La energía de biomasa es considerada como una de las energías menos costosas dentro del rango de las energías renovables, esto se debe a que la tecnología que se requiere está bien desarrollada y existe actualmente en el mercado.

La biomasa es un conjunto de sustancias orgánicas depositadas en el suelo. También se entiende como el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. Esta energía se caracteriza al igual que las demás energías renovables por su menor impacto ambiental y sus sustentabilidades basadas en una fuente de suministro energético inagotable.

La biomasa energética únicamente abarca a los materiales de origen biológico que no son empleados para fines alimenticios o

### **2.2.6 Energía Hidráulica**

Es la energía que se produce debido a un desnivel y un caudal (Ver figura 3) de agua así generando una caída, provocando el movimiento de turbinas, de manera que se aprovecha la energía potencial, para transformarla en energía mecánica y finalmente en energía eléctrica. La energía hidráulica es un recurso natural disponible en zonas geográficas donde presenten suficiente caudal para este ser utilizado y devuelto a su cauce.



**Figura 3** -Sistema de generación hidroeléctrica

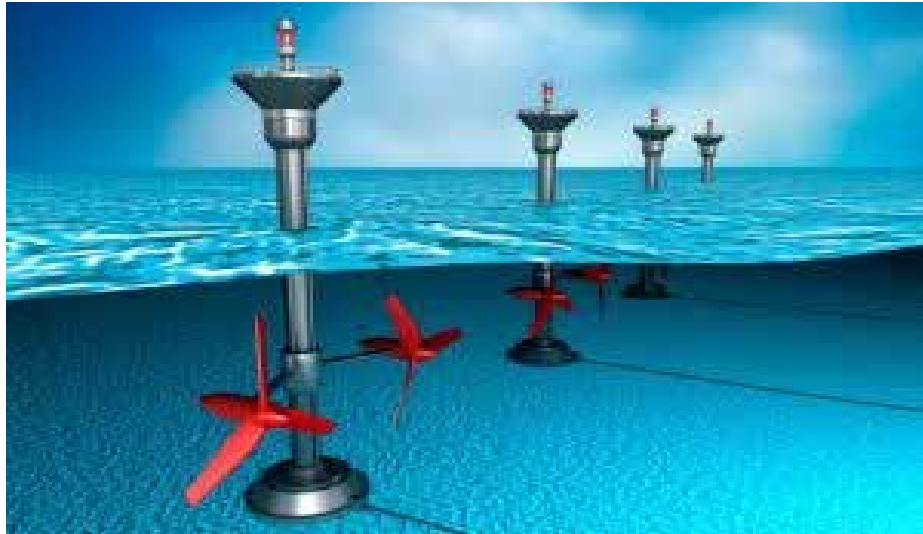
**Fuente:**<https://ingeoexpert.com/como-funciona-una-central-hidroelectrica/>

### 2.2.7 Energía Mareomotriz

La energía mareomotriz proviene del aprovechamiento de las fuerzas de las olas del mar y los cambios de la marea, para mover turbinas similares a las utilizadas en la hidroelectricidad y así generar energía eléctrica.

Actualmente esta energía se ha logrado desarrollar, básicamente, de dos maneras:

- **Generador de la corriente de marea:** Estos generadores funcionan haciendo uso de la energía cinética que tiene el agua en movimiento para hacer girar las turbinas y de esta manera producen energía eléctrica (Ver figura 4). Este método es similar al que utilizan las turbinas eólicas, su única diferencia es que en vez de corrientes de viento para impulsar los generadores se impulsan mediante corrientes marinas.



**Figura 4 -** Generador de corriente

**Fuente:** <https://www.fuentesdeenergiarenovables.com/energia-mareomotriz>

- **Presa de marea:** Estas presas hacen uso de la energía potencial que existe en la diferencia de altura entre las mareas altas y bajas. Las presas son esencialmente diques que se hacen a lo largo de un estuario. La desventaja de este método es que sufre de altos costos en la infraestructura civil y no hay muchos lugares en el mundo que sean aptos para este tipo de generación.

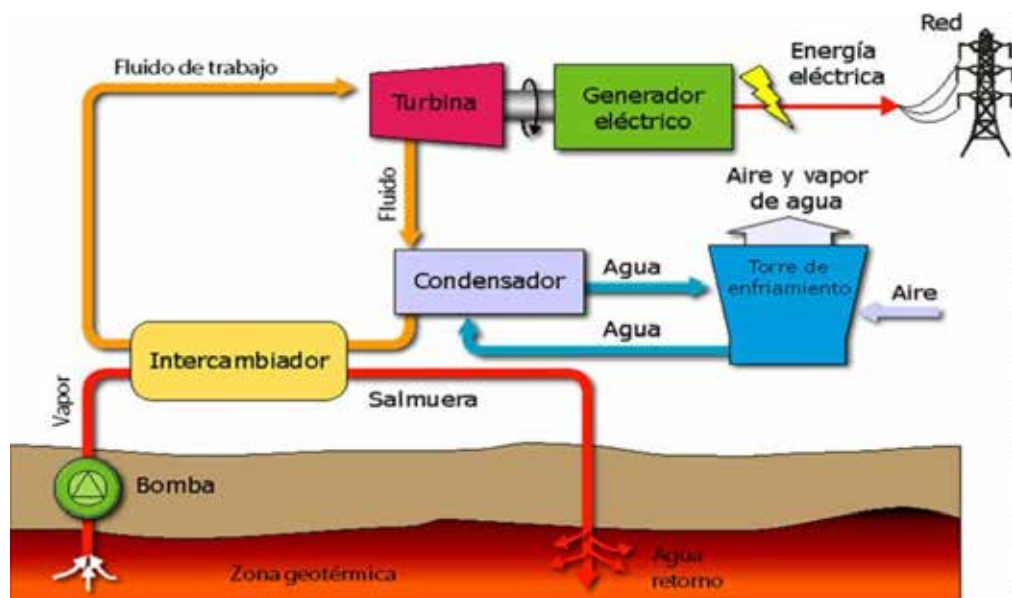


**Figura 5 -** Presa de marea

**Fuente:** Informe energía mareomotriz de las olas, Castillo, C. 2.011 Universidad Católica De Valparaíso

### 2.2.8 Energía Geotérmica

La energía geotérmica es un recurso renovable, por lo que hace que la misma se ilimitada y sea energía que se produce a bajo costo, confiable y que trae a una mayor ventaja a nivel ambiental que las energías convencionales. Dicha energía es aquella que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor que se produce en el interior de la tierra el cual se debe a varios factores, como lo son el gradiente geotérmico, el calor radio genético, entre otros.



**Figura 6-** Planta de energía geotérmica

Fuente: [www.fuentesdeenergiarenovables.com](http://www.fuentesdeenergiarenovables.com)

### 2.2.9 Energía Solar

La energía solar es aquella proveniente del sol en forma de radiación, la cual puede ser transformada para adaptarla a nuestras necesidades de consumo eléctrico o de consumo de calor. Se necesitan sistemas de captación y aprovechamiento de la radiación solar, es por esto que se han desarrollado varios sistemas, entre ellos tenemos:

- Energía solar térmica pasiva: Utiliza directamente la radiación del sol la cual es aprovechada mediante la incorporación de acristalamiento y

otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica.

- Energía solar térmica: Consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol para calentar fluidos que circulan por el interior de captadores solares térmicos, haciendo uso del mismo para calentar agua caliente sanitaria, calefacción, etc.
- Energía solar fotovoltaica: Es aquella que permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de células fotovoltaicas las cuales integran el módulo solar. La electricidad producida puede ser almacenada en acumuladores o puede ser introducida directamente a la red de distribución eléctrica.

#### **2.2.10 Energía solar Térmica**

La energía solar térmica es una rama de la energía solar que se basa en la transformación de la radiación solar en calor, satisfaciendo directamente cualquier necesidad calorífica. La forma de aprovechar el calor y convertirlo en energía eléctrica se hace mediante un tanque de agua, en el cual se colocan una serie de espejos de manera que los rayos de luz incidan sobre ellos y calienten el agua generando vapor este es obligado a pasar por unas turbinas que generan electricidad. Esta energía es considerada renovable, ya que el agua se condensa y vuelve al tanque de manera de ser reusada.

#### **2.2.11 Energía solar fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica es una tecnología basada en el aprovechamiento de la energía solar, su funcionamiento es la conversión de la luz solar en energía eléctrica.

Para transformar la energía solar en energía eléctrica, se necesita una célula fotoeléctrica, y que es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa en energía eléctrica, mediante el aprovechamiento de un proceso llamado efecto fotoeléctrico.

Para poder atrapar la energía proveniente del sol y convertirla en energía eléctrica, tiene que haber un proceso en el que intervienen varias partes. En primer lugar, los cristales de material semiconductor reciben un

tratamiento que busca darle a cada uno una carga positiva y una carga negativa. De esta manera, se logra que las celdas tengan las dos cargas y puedan generar electricidad. Luego, se colocan en el panel intercalándolas y vinculándolas entre sí, mediante un hilo conductor.

La conversión de la energía solar en energía eléctrica es un fenómeno físico químico llamado efecto fotovoltaico, el proceso es que la luz, que llega en forma de fotones, impacta sobre una superficie (celdas cristalinas) construida principalmente por silicio (los paneles solares) y que emite electrones que al ser capturados producen una corriente eléctrica.

Cuando esas celdas cristalinas quedan expuestas de modo directo a la luz, la energía del sol hace que se muevan los electrones de la parte de la celda cargada negativamente hacia la parte cargada positivamente. De este modo, gracias a la luz del sol y los materiales usados para armar las celdas, generamos una corriente eléctrica de un punto a otro. Todas juntas hacen que se produzca un campo eléctrico en el panel solar.

En el momento en que queda expuesto a la radiación solar, los diferentes contenidos en la luz transmiten su energía a los electrones de los materiales semiconductores que, entonces, pueden romper la barrera de potencial de la unión P-N, y salir así del semiconductor a través de un circuito exterior.

En la actualidad está experimentando con celdas fotovoltaicas de doble cara que con la ayuda de superficies reflectantes puedan duplicar la eficiencia ampliando la superficie expuesta a la luz solar.

Estas celdas son lo que se conocen como paneles solares fotovoltaicos y que emplean una tecnología tan avanzada y precisa como compleja.

Estas células fotovoltaicas se combinan de muy diversas formas para lograr tanto el voltaje como la potencia deseados y de este modo poder conseguir que la energía solar se acabe convirtiendo en energía para poder consumir.

Entendemos por célula fotovoltaica al módulo más pequeño de material semiconductor con unión P-N y con capacidad igualmente de producir electricidad.

La energía solar fotovoltaica presenta características peculiares, entre la que se destaca su elevada calidad energética y su poco impacto ecológico además de permitir una gran cantidad de aplicaciones pudiéndose suministrar energía en lugares aislados de la red ( viviendas aisladas, faros, postes, bombes, repetidores de telecomunicaciones, etc.) o mediante sistemas fotovoltaicos conectadas a la red eléctrica, que pueden ser de pequeño tamaño ( instalación en vivienda individual) o en centrales de gran tamaño (granjas solares)(ver figura 7).






**Figura 7 - Granja solar**


**Fuente:** <https://www.cambioenergetico.com>

### **2.2.12 Ventajas, desventajas e impactos de la generación de electricidad**

A continuación, se muestra en el siguiente cuadro algunas de las ventajas, desventajas e impactos debidos a la generación de electricidad.

## Generación de Energía Eléctrica

Generación de Energía Eléctrica			
	Ventajas	Desventajas	Impacto
<p style="text-align: center;">Energía Hidroeléctrica</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un recurso inagotable, debido al ciclo del agua.</li> <li>• No emite gases, es decir no contamina la atmósfera.</li> <li>• Los embalses se pueden utilizar para actividades de recreo,</li> <li>• Control de inundaciones y sistemas de riego básicamente.</li> <li>• Es capaz de generar grandes cantidades de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infraestructura de alto costo.</li> <li>• La vida útil del sistema dependerá de la vida útil del embalse.</li> <li>• Limita la navegación de los ríos represados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las inundaciones en el área de la represa producen anegamiento de tierras fértiles.</li> <li>• Se producen cambios en los ecosistemas, desaparición de especies, etc.</li> <li>• Impactos debido a la erosión en las zonas linderas afectadas al emprendimiento.</li> <li>• Retención de una importante proporción de los sedimentos arrastrados por el río que realizan la fertilización natural de la parte inferior del cauce</li> <li>• Emisión de gases por la descomposición de residuos vegetales en el fondo de la zona inundada</li> <li>• Desplazamiento de poblaciones por inundación de ciudades, pueblos, campos.</li> </ul>
<p style="text-align: center;">Centrales Térmicas y Generador Electrógeno</p>  	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En comparación con las centrales hidroeléctricas, son más rápidas para construirse y, por lo tanto, pueden cubrir la escasez de energía de forma más rápida.</li> <li>• Pueden instalarse en lugares cercanos a las regiones de consumo, reduciendo el coste de torres y líneas de transmisión.</li> <li>• Son alternativas para países que no tienen otros tipos de fuentes de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como se utilizan combustibles fósiles para quemar y generar energía, hay una gran liberación de contaminantes en la atmósfera.</li> <li>• Es responsables de la generación del efecto invernadero y del aumento del calentamiento global.</li> <li>• Es muy perjudicial para el medio ambiente.</li> <li>• El costo final de este tipo de energía es el más elevado en función del precio de los combustibles fósiles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de dióxido de carbono que contribuyen al efecto invernadero.</li> <li>• Posible emisión de dióxido de azufre (que se transforma en ácido sulfúrico que forma parte de la lluvia ácida).</li> <li>• Emisiones de óxidos de nitrógeno (también forman parte de la lluvia ácida).</li> <li>• Posible emisión hollín y material particulado.</li> </ul>

<p>Energía solar</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de bajo mantenimiento.</li> <li>• Energía limpia que produce escaso impacto ambiental.</li> <li>• Energía limpia que no produce residuos.</li> <li>• Su adquisición se encuentra en el mercado tanto para pequeños como grandes desarrollos.</li> <li>• No hay dependencia de las compañías que suministran energías.</li> <li>• Menor dependencia energética de otras fuentes de energía.</li> <li>• No disminuye la calidad de aire y suelos.</li> <li>• Es inagotable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede afectar a los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles en caso de grandes instalaciones.</li> <li>• Costo inicial de instalación elevado.</li> <li>• Los sistemas de acumulación (baterías) contienen agentes químicos peligrosos, por lo tanto deben tener un adecuado manejo a la hora de su sustitución luego de cumplir su vida útil, la cual es relativamente baja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En donde es posible producirla, la energía solar generalmente es completamente amistosa con el medioambiente, aunque produce efectos ambientales en la producción de los elementos que permiten recogerla y procesarla.</li> <li>• La fabricación de células solares provoca la liberación de contaminantes al ambiente, así como las emisiones asociadas con la energía necesaria para instalarlas.</li> </ul>
--	--	--	--

**Tabla 1** - Comparación de energías eléctricas.

Fuente: Peña, G, Ynfante, R (2019)

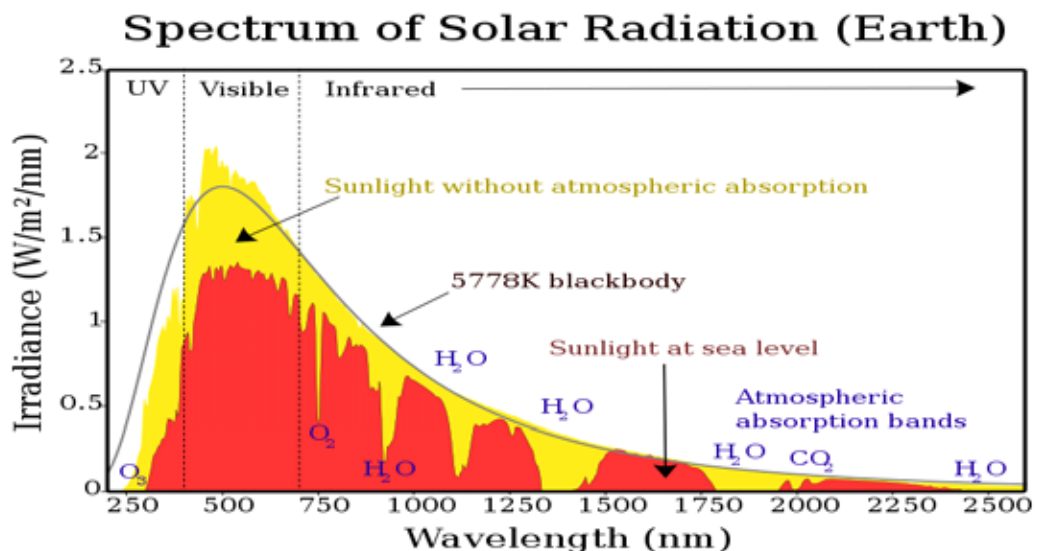
Energía fotovoltaica	Energía a base de combustibles fósiles
• No hay emisión de ruidos.	• Emisión de ruido que oscila entre 80 y 90 dBA
• No existe emisión de gases.	• Emisión de gases provenientes de la combustión.
• No hay mantenimiento.	• Mantenimiento constante y preventivo según fabricante. Sustitución de bujías, filtros y aceite entre otros.
• No hay dependencia de combustibles.	• Dependencia de combustibles fósiles (gasolina, gasoil, gas natural).
• Vida útil paneles solares sobre los 25 años . Equivalente a 219.000 horas.	• Vida útil promedio de 2000 a 3000 horas cumpliendo con mantenimiento continuo según fabricante. (Honda). Suponiendo 4 horas diarias equivale 750 días que equivalen a alrededor de 2 años.
• Vida útil de baterías de 5 a 10 años según fabricante. Equivalente a 43.800 – 87.600 horas.	-----

**Figura 8** – Comparación en el uso de energía fotovoltaica y energía a base de combustibles fósiles

Fuente: Empresa Solar Energy Solutions Venezuela

### 2.2.13 Radiación Solar

Es la energía liberada del sol que es transmitida a su exterior mediante la radiación solar, esta energía proviene de reacciones que se generan en el interior del sol que producen una pérdida de masa. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, esto se debe a que hay ondas absorbidas por los gases de la atmósfera, fundamentalmente el ozono. Estas ondas se clasifican en ondas de baja, mediana y alta frecuencia que oscilan desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. Las ondas de baja frecuencia son las infrarrojas que proporcionan calor, las ondas de alta frecuencia son las ultravioletas que son las encargadas de realizar el proceso de la fotosíntesis y finalmente tenemos las ondas de mediana frecuencia que son las que conforman la parte visible del espectro. La magnitud de radiación se mide por  $W/m^2$  (Vatio por metro cuadrado) esta unidad se conoce como irradiación. El sol emite una radiación de  $63.450.720 W/m^2$ ; de esta radiación solo llega a la tierra  $1/3$  de la energía que es interceptada por la atmósfera y un 70% de ella incide en el mar.

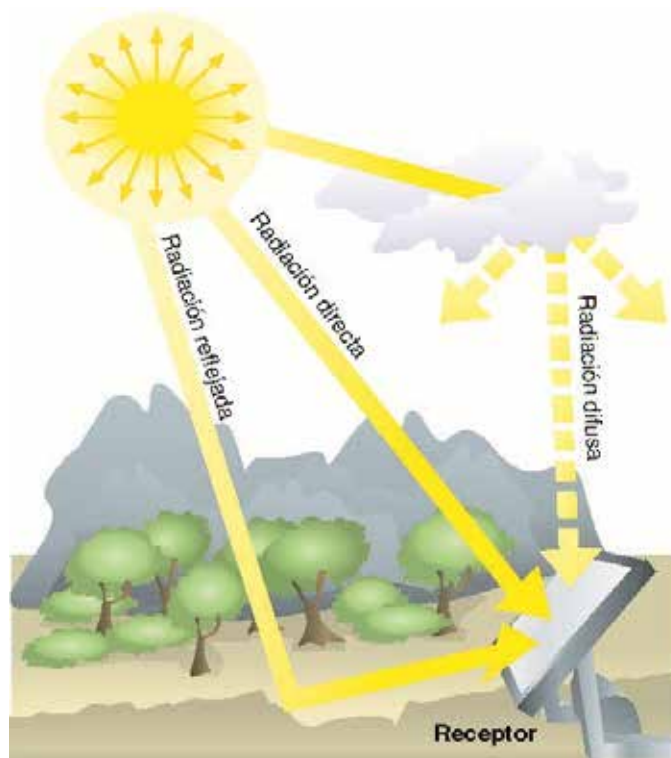


**Figura 9** – Espectro de radiación solar

Fuente: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sunlight>

#### 2.2.14 Tipos de Radiación Solar

- **Radiación directa:** Es aquella que llega directamente del sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.
- **Radiación difusa:** Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.
- **Radiación reflejada:** La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.
- **Radiación global:** Es la radiación total. Es la suma de las tres radiaciones. En las aplicaciones fotovoltaicas la radiación de mayor influencia es la directa, debido a que toda su energía incide sobre el panel; cuando la radiación directa es obstaculizada aparece la sombra, que sin embargo recibe radiación proveniente de la radiación difusa.



**Figura 10 – Tipos de radiación**

Fuente: <http://calculationsolar.com>

### 2.2.15 Día solar promedio

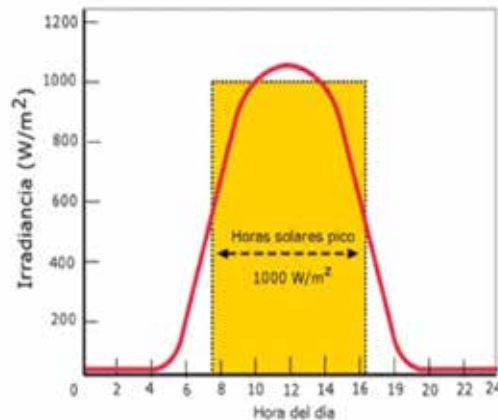
Durante el día el ángulo de incidencia del sol sobre la superficie terrestre varía con el transcurso del día. Este concepto en el sistema de paneles fotovoltaicos se conoce como el tiempo en horas el cual el sol irradia al panel con una potencia igual a una h.s.p (1 KW/m<sup>2</sup>) (Ver figura 11). Para obtener este valor se divide la potencia máxima luminosa.

$$\text{Día solar promedio (h)} = \frac{\text{Promedio de irradiación diaria (KW h/m}^2\text{)}}{\text{Potencia máxima del PFV (KW/m}^2\text{)}} \quad \text{Ec 1}$$

El día solar promedio representa la cantidad de horas en el día en el cual el panel solar es capaz de producir la potencia máxima especificada por el fabricante.

La irradiación solar es la cantidad de energía solar en (KWh/m<sup>2</sup>) y se utiliza para dimensionar un sistema de paneles fotovoltaicos, sin embargo,

para obtener la irradiación solar es determinante conocer la irradiación solar que es la potencia por unidad de área ( $\text{KW}/\text{m}^2$ ) que varía durante el día y tiene un comportamiento que aumente cuando sale el sol y disminuye en su ocaso.



**Figura 11 – Irradiación Solar**

**Fuente:** <http://calculationsolar.com/blog/>

La irradiación solar se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$H = E * t \quad \text{Ec 2}$$

Dónde:

H = Irradiación Solar ( $\text{Wh}/\text{m}^2$ )

E = Irradiación Solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

t = Tiempo (horas)

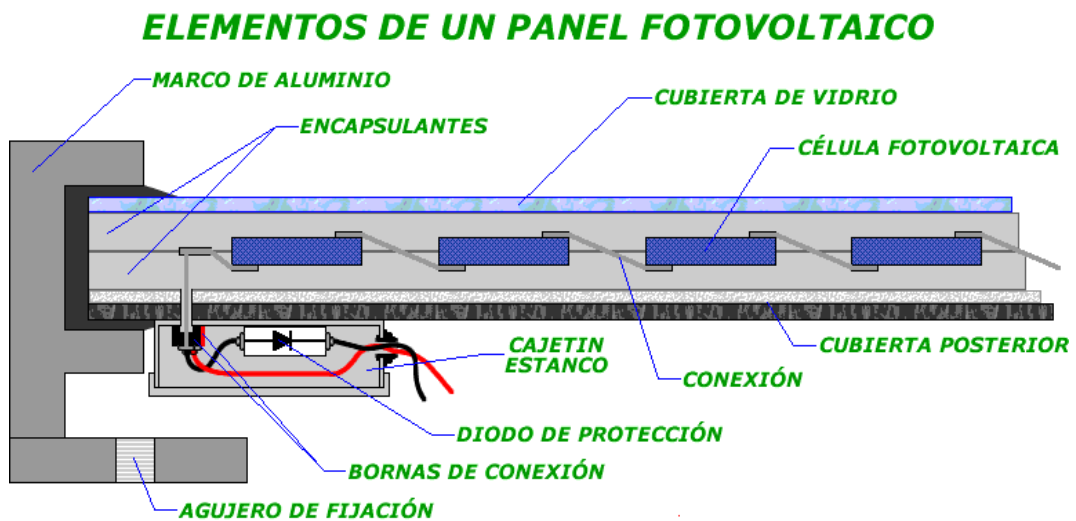
### 2.2.16 Panel Solar

Los paneles están constituidos por un conjunto de células fotovoltaicas conectadas eléctricamente entre sí, en serio y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel incremente hasta el valor deseado. Además, el panel solar cuenta con una serie de elementos que lo conforman haciendo una adecuada protección del conjunto frente a los

agentes externos y asegurando una rigidez suficiente a la hora de ser instalados.

### 2.2.17 Estructura de un panel fotovoltaico

- **Marco de aluminio:** Está elaborado con aluminio para evitar los efectos corrosivos que pueda ocasionar el ambiente y por lo tanto cumplir con la función de asegurar una suficiente rigidez y estabilidad al conjunto.
- **Encapsulante:** Se encuentra elaborado de silicón, pero más frecuentemente de EVA (etilen-vinil-acetato). Es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición al sol, buscando así que el índice de refracción sea similar al del vidrio para no alterar las condiciones de la radiación incidente. Su función es proteger a las células de posibles vibraciones que puedan generarse.
- **Cubierta de vidrio:** Es la cubierta exterior de cara al sol, la cual se encuentra fabricada de vidrio de alta resistencia mecánica, alta transmittividad y bajo contenido de hierro permitiendo facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar.
- **Cubierta posterior:** Está formada por un conjunto de láminas de distintos materiales capaces de proporcionar rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos.
- **Cableado y bornes de conexión:** Protegidos de la intemperie por medio de cajas estancas y haciendo uso de instalaciones eléctricas habituales.
- **Diodo de protección:** Encargado de proteger sobre-cargas u otras alteraciones de las condiciones de funcionamiento del panel.

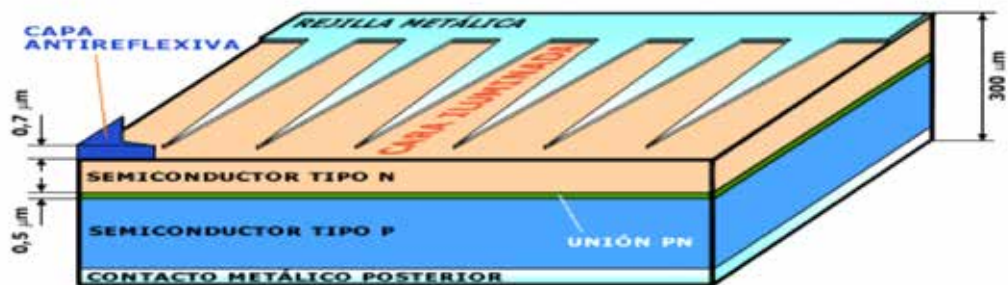


**Figura 12** – Estructura de un panel fotovoltaico

**Fuente:** <http://www.saclimafotovoltaica.com>

### 2.2.18 Células fotovoltaicas

Las células fotovoltaicas son dispositivos conformados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los fotones inciden sobre ellos, convirtiendo la energía luminosa en energía eléctrica. Las células están formadas por dos capas de semiconductores dopados diferentes, la capa sobre la que incide la luz es de tipo N (negativa) dopada generalmente por fósforo y la capa inferior es de tipo P (positiva) (Ver figura 13) dopada de boro. Una vez que se ponen en contacto estas dos capas formando la unión NP, son capaces de producir una barrera potencial que hace posible el efecto fotovoltaico. Al ser está expuesta a la radiación, los fotones que transportan la energía de la luz solar, al incidir sobre ellos generan una corriente eléctrica, convirtiendo así la célula en una pequeña pila generadora de energía eléctrica.



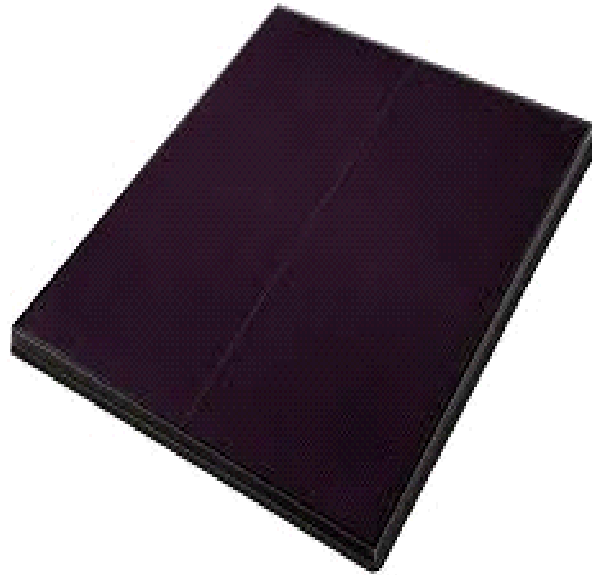
**Figura 13** – Estructura de una célula fotovoltaica

Fuente: <http://zytech.es>

### 2.2.19 Tipos de células fotovoltaicas

En la actualidad, la mayor producción de los paneles solares es a partir del elemento químico metaloide llamado silicio (Si), ya que en nuestro planeta es el elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno, que representa un 27%. El silicio no se encuentra en la naturaleza en estado puro, sino unido a un cierto número de elementos por lo que hace que los costos de fabricación sean más elevados. Las celdas fotovoltaicas están compuestas por silicio tratado o dopado, de modo de que cuando recibe la luz solar se liberan electrones y por ende se genera electricidad. Entre las celdas fotovoltaicas que podemos conseguir en el mercado que su principal material de producción es la sílice podemos encontrar:

- **Celdas fotovoltaicas amorfas:** Se fabrican depositando una película fina de silicio amorfo en diversos tipos de soporte, abriendo así la posibilidad de construir las células fotovoltaicas flexibles. El proceso de fabricación del silicio amorfo no requiere de un proceso de cristalización previo, sino que basta extraer el oxígeno del óxido de silicio para obtenerlos, siendo sus costos de fabricación relativamente bajo. La eficiencia del 8% que estas células fotovoltaicas brindan es baja, y a pesar de su bajo costo de producción a la hora de ser instalados requiere más paneles solares en un mayor espacio para generar la misma potencia de salida que los paneles solares fabricados de celdas fotovoltaica cristalinas (Ver figura 14).



**Figura 14** – Celdas fotovoltaicas amorfas

**Fuente:** <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com>

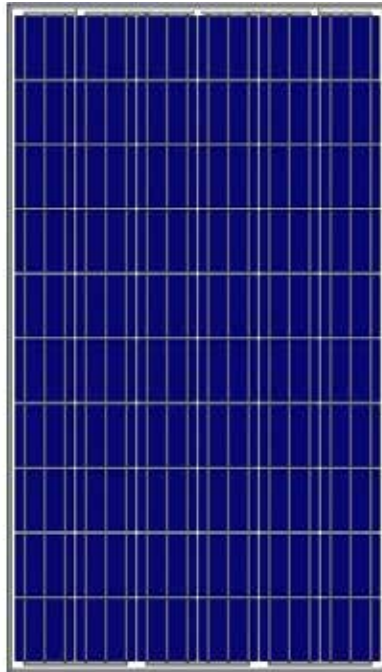
- **Celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino:** Son fabricadas con un silicio monocristalino el cual presenta una pureza y eficiencia eléctrica debido a que es el único cristal el cual asegura que los electrones se desplacen más libremente. Este material se obtiene a partir de barras largas y cilíndricas producidas mediante procesos complejos y muy costosos; donde posteriormente la barra se corta en forma de obleas de medio milímetro de espesor. Este tipo de célula fotovoltaica presenta una eficiencia de alrededor del 16% (Ver figura 15).



**Figura 15** – Celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino

**Fuente:** <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/panel-fotovoltaico/tipos>

- **Celdas fotovoltaicas de silicio policristalino:** El silicio policristalino está conformado por pequeños cristales de una enorme pureza que hace que sus propiedades sean muy diferentes del silicio amorfo. Son fabricados mediante unos moldes rectangulares donde hace que los costos de producción sean más baratos, pero teniendo como desventaja que los mismos producen menos energía eléctrica que las celdas fotovoltaicas monocristalino. Hoy en día la mayoría de los paneles solares están siendo fabricados mediante este material, debido a que en los últimos tiempos la eficiencia del 14% de estas células fotovoltaicas están igualando la de las células fotovoltaicas de silicio monocristalino (Ver figura 16).



**Figura 16** – Celdas fotovoltaicas de silicio policristalino

**Fuente:** <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/panel-fotovoltaico/tipos>

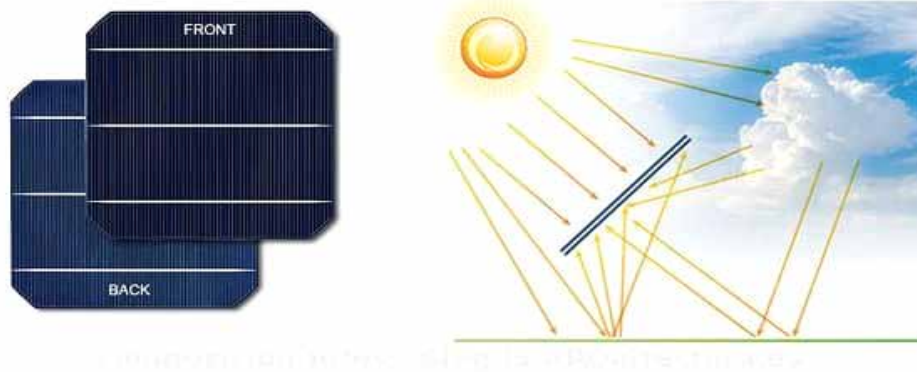
- **Celdas de arseniuro de galio:** El Arsenio de galio componente por el que está formado esta célula fotovoltaica es un semiconductor de electricidad de alto rendimiento, que se ve perjudicado en cuanto al costo y su producción por ser un material raro y con alta escases. Este material a pesar de sus elevados costos de producción, presenta buenos rendimientos, con pequeño espesor, mantiene sus características físicas al ser expuesto a elevadas temperaturas y es muy resistente al daño por radiación. Se considera que estas células fotovoltaicas son las más adecuadas a la hora de construir paneles solares debido a su eficiencia teórica del 27% y eficiencia práctica del 20%, hacen que se encuentren por encima de cualquiera de los otros paneles producidos en la actualidad (Ver figura 17).



**Figura 17** – Células de arseniuro de galio

**Fuente:** <http://www.jaenclima.com>

- **Células bifaciales:** Su estructura es una doble unión de capas, que, en diferencia de las células fotovoltaicas comunes, éstas recogen la energía por ambas caras tanto la frontal como la trasera, permitiendo una gran cantidad de recopilación de la luz reflejada en la tierra, tejados, nubes y la atmósfera. Estas células bifaciales tienen la capacidad de recolectar un 25% de radiación adicional al ser colocados en azoteas planas y un 40% adicional en instalaciones verticales como lo son cercas solares, barreras sonoras en carreteras y ferrocarriles entre otros. Su producción se ha visto perjudicada debido a la complejidad de fabricación, instalación y mantenimiento, a pesar de la ventaja que tiene los mismos a la hora de producir energía en condiciones nubladas y tener una gran eficiencia por su doble cara en comparación con las demás células fotovoltaicas (Ver figura 18).



**Figura 18 – Células bifaciales**

Fuente: <https://deltavolt.com>

### 2.2.20 Parámetros que determinan una célula fotovoltaica

- **Corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ):** Intensidad máxima de corriente que puede circular por una célula fotovoltaica.
- **Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ):** Es el máximo voltaje que proporciona una célula fotovoltaica cuando la misma no se encuentra conectada a ninguna carga.
- **Corriente:** Intensidad que se produce a determinada tensión de corriente.
- **Potencia máxima ( $P_m$ ) o potencia pico ( $W_p$ ):** Es el producto del valor de voltaje máximo ( $V_m$ ) e intensidad máxima ( $I_m$ ) para los que la potencia entregada a una carga es la mayor.
- **Eficiencia total del panel:** Corriente entre la potencia eléctrica producida por el panel y la potencia de la radiación incidente.
- **Factor de forma ( $FF$ ):** Se define como el cociente de potencia máxima que se puede entregar a una carga entre el producto de la tensión de circuito abierto y la intensidad de cortocircuito, es decir:

$$FF = \frac{P_m}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

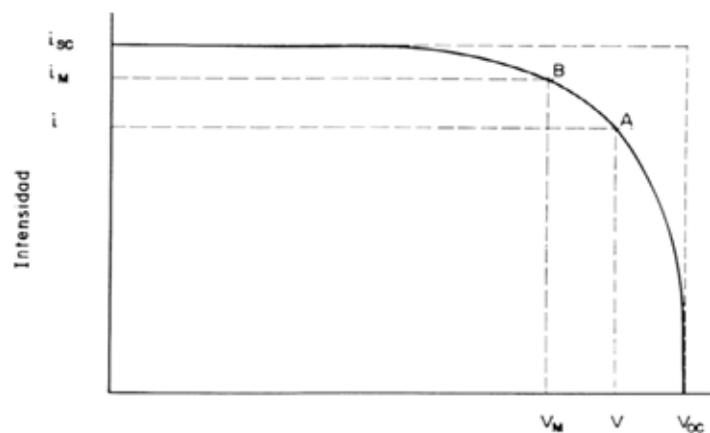
usando la relación del punto de potencia máxima,  $P_m$ , dividido entre la luz que llega a la celda, irradiación ( $E$ , en  $W/m^2$ ) y el área superficial de la célula solar ( $A_c$  en  $m^2$ ).

$$n = \frac{P_m}{Pl} \quad \text{Ec 4}$$

Estos conceptos pueden ser demostrados en la curva característica de un panel solar la cual se basa en la comparación de la intensidad/Corriente vs Voltaje.

**Punto A:** Es un punto cualquiera que representa el funcionamiento del panel solar en una condición determinada de intensidad y tensión.

**Punto B:** Es el punto de máxima potencia, buscando una combinación de intensidad y tensión que arroja la mayor área del rectángulo posible.



**Figura 19** – Curva característica de un panel solar

Fuente: <http://www.energetika.com>.

### 2.2.21 Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico es una manera de generar electricidad para satisfacer el consumo, este sistema requiere de la energía del sol para ser almacenada en baterías y luego distribuirla a su destino final. En la interface del almacenamiento y distribución nos encontramos con unos artefactos que dan vida a la durabilidad de las baterías y otros a la conversión de corriente continua en corriente alterna.

Los sistemas fotovoltaicos constan de una serie de procesos que hacen de su funcionamiento el más óptimo, entre esos tenemos: generación, regulación, almacenamiento, instrumentación y consumo (Ver figura 20).



**Figura 20** – Sistema fotovoltaico

Fuente: <http://deltavolt.pe>

#### **2.2.21.1 Procesos del sistema fotovoltaico**

#### **2.2.21.2 Generación**

La generación de electricidad se efectúa mediante los paneles fotovoltaicos. Se debe suministrar un arreglo de paneles que sean capaces de generar la cantidad suficiente de energía para satisfacer la demanda. El cálculo de la cantidad de paneles va a depender de las siguientes variedades:

- Irradiación solar en el lugar de instalación de los paneles
- Potencia de salida del panel
- Demanda de energía corregida
- Voltaje del sistema

#### **2.2.21.3 Regulación**

La regulación de carga tiene como función principal prevenir la descarga y la sobrecarga de las baterías. Otras funciones de los reguladores es la protección contra descargas profundas, compensación de temperatura, medidores o indicadores de voltaje y corriente, interruptores.

El regulador se encarga de tener un monitoreo constante de la tensión de la batería, de manera que cuando esta tensión llega al valor máximo de

carga el regulador interrumpe el proceso. De igual forma cuando las baterías están en uso, es decir, estén proporcionando energía al sistema y llegan a un valor mínimo sin llegar a la descarga el regulador de carga funciona como un swith de corriente y anula la alimentación para no permitir la descarga profunda de la batería.

Finalmente, los reguladores optimizan la energía proveniente de los paneles solares de manera que el panel solar funcione a un nivel óptimo de trabajo siempre dependiendo de la irradiancia que se tenga en ese momento.

Para poder seleccionar un regulador de carga se tienen que tener en cuenta las siguientes características del sistema a instalar.

- Caída del voltaje a corriente nominal.
- Rango del sensor de temperatura de la batería.
- Temperatura de operación
- Voltaje nominal del sistema (12, 24 y 48v).
- Se dimensiona para la corriente de carga máxima.

#### **2.2.21.4 Almacenamiento**

El almacenamiento de energía en este sistema es fundamental, ya que la disponibilidad de luz no coincide con el tiempo cuando necesitamos la energía eléctrica. De manera que es totalmente necesario producir energía en el día y almacenarla para ser consumida en la noche. Este tipo de método para almacenar la energía es la más utilizada para este tipo de aplicaciones fotovoltaicas conocidas como baterías de ciclo de descarga profunda. La diferencia con las baterías utilizadas en la tecnología automotriz es que éstas están diseñadas para entregar grandes cantidades de corriente en períodos cortos de tiempo, mientras que las baterías de ciclo profundo están diseñadas para descargas muy lentas que no sufran daño alguno.

En los sistemas fotovoltaicos una vez realizada la inversión de todos sus componentes suele tener una vida de generación de energía bastante prolongada que puede llegar a ser hasta los 25 años, con un estado perfecto de operación y uso. Sin embargo, la batería en cuanto a durabilidad del sistema se refiere, su vida útil puede variar entre 2 y 10 años.

Las baterías solares vienen diseñadas en celdas de 2V cada una, conectando en serie para suministrar los voltajes que normalmente se utilizan en estos sistemas fotovoltaicos como lo son: 6V, 12V, 24V, y 48V. La corriente de carga de las baterías se debe trabajar con cuidado, debido a que si la carga está al 100% y la corriente de carga permanece se produce una sobrecarga en la batería. Siendo ésta una acción totalmente indeseada, ya que disminuye la vida útil de las baterías y se produce un efecto conocido como clasificación por exceso de oxígeno, deteriorando y oxidando los separadores de la batería.

La vida útil de las baterías va a depender de su calidad de fabricación y de su correcto uso, siempre evitando sobrecargas o descargas profundas; ésta se mide por la cantidad de ciclos profundos de carga/descarga, las baterías de carros regularmente viven 200 ciclos si se carga a su 50% de su capacidad, mientras que las baterías de ciclo profundo son capaces de resistir desde 400 hasta 800 ciclos. Las de ciclo profundo son las que se utilizan en los sistemas fotovoltaicos.

La capacidad de una batería es la cantidad de corriente que puede entregar en un tiempo en horas a su voltaje nominal. Se denomina amperes-hora (Ah).

Las baterías se deben situar en un lugar totalmente ventilado debido a que en su proceso de carga y descarga emiten gases, los cuales no deben permanecer almacenados en un lugar cerrado.

Hay distintos tipos de baterías como son: las de Níquel-Hidruro Metálico, Ion de Litio, Polímero de Litio, Níquel. Cadmio, de Zinc-Aire y las de Plomo Ácido. Las más utilizadas en el mundo por su tecnología más desarrollada y por su costo/beneficio son las Plomo Ácido.

- **Tipos de baterías de plomo ácido:**
  - **Ácido Selladas:** Estas baterías tienen la virtud que pueden ser ubicadas en lugares cerrados ya que generan poco oxígeno; al ser selladas no requieren mantenimiento.

- **Ácido Abiertas:** Al contrario de las baterías selladas este si necesita mantenimiento. Son más duraderas si el mantenimiento se hace periódicamente.
- **Gel Selladas:** No requieren de mantenimiento y el electrolito esta en forma de gel. Más duraderas y su vida posee mayor cantidad de ciclos.
- **AGM Selladas:** No requieren de mantenimiento y el electrolito esta en forma de masas esponjosas. La principal característica es que presentan una vida mucho más larga que las baterías de ácido y de gel. Ideales para los sistemas fotovoltaicos.

### 2.2.22 Transformación

Es un inversor eléctrico que permite convertir la corriente continua (CC) que es suministrada directamente por los paneles solares y almacenados en las baterías a corriente alterna (CA), para ser utilizada por los aparatos eléctricos comunes que trabajan a corriente 110/220v.

Dependiendo de la onda suministrada podemos encontrar diferentes inversores:

- **Ondas casi senoidales:** Son especiales para suministros de casi todo tipo de cargas, exceptuando aquellos equipos que necesitan mucha responsabilidad, como lo son, por ejemplo, los sistemas de computación.
- **Ondas senoidales:** Son utilizadas para cualquier tipo de receptores eléctricos, ya que calidad de generación es similar a la de las centrales eléctricas.
- **Ondas cuadradas:** Son ondas que presentan problemas de histéresis y de armónicos transitorios, por lo tanto, solo pueden ser utilizadas para suministros a cargas resistivas puras como lo son bombilla, motores monofásicos y resistencias eléctricas.

#### 2.2.22.1 Inversores solares

- **Inversores simples o autónomos:** Se usan en sistemas fotovoltaicos aislados en donde los inversores toman la corriente directa de baterías

cargadas por los paneles solares y/o de otras fuentes, como turbinas eólicas, generadores de energía, etc.

- **Inversores con batería de apoyo:** Son inversores especiales que están diseñados para tomar la energía de las baterías, administrar la carga de las baterías y exportar el exceso de energía hacia la red eléctrica.
- **Inversores de red:** Diseñados para apagarse automáticamente cuando el suministro de la red disminuye, por razones de seguridad.

La selección de los inversores viene caracterizada principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar a la del generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia que no es constante depende del régimen de carga al que esté sometido. La eficiencia a la hora de escoger un inversor debe estar por encima del 90%, donde en los regímenes de carga próximos a la potencia nominal la eficiencia es mayor que para los regímenes de carga baja.

### **2.2.23 Tipos de sistemas fotovoltaicos**

Los sistemas fotovoltaicos se dividen principalmente en tres grandes grupos: sistemas fotovoltaicos aislados, sistemas fotovoltaicos conectados a la red, sistemas híbridos.

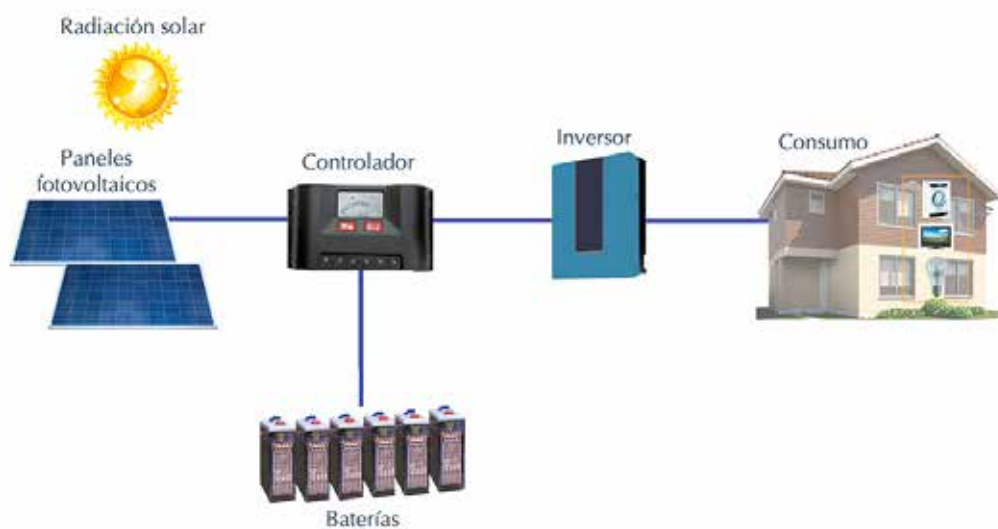
#### **2.2.23.1 Sistemas fotovoltaicos aislados.**

Los sistemas fotovoltaicos aislados de la red o autónomos consisten en sistemas de energía solar que poseen como una de su principal característica el uso de baterías, puesto que resulta necesario poseer un sistema de acumulación de energía capaz de proporcionar la energía requerida para satisfacer la demanda de los usuarios en las horas del día en las que la intensidad lumínica no sea suficiente para satisfacer la demanda requerida (Ver figura 21).

Este tipo de sistema suelen estar constituidos por los siguientes elementos:

- Módulos fotovoltaicos.
- Reguladores de carga.
- Sistema de acumulación.

- Inversor.
- Elementos de protección del circuito.



**Figura 21** – Sistema fotovoltaico aislado

**Fuente:** <http://www.tmsmx.com>

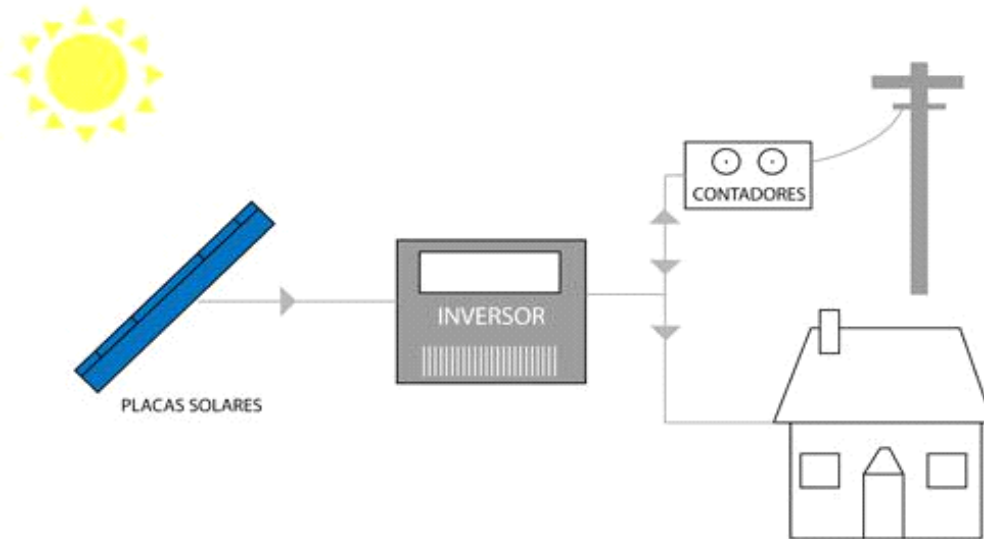
### 2.2.23.2 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red tienen como principal característica que en horas de muy poca irradiación solar o cuando el módulo fotovoltaico no produce la energía necesaria para satisfacer el consumo de energía de los usuarios la red proporciona la energía eléctrica a la carga, en caso contrario cuando el sistema fotovoltaico produce más energía de la que se requiere entonces en ese caso el excedente de energía se vierte a la red (Ver figura 22).

Los complementos que componen este tipo de sistema son:

- Módulos fotovoltaicos.
- Inversor para la conexión a la red eléctrica.
- Elemento de protección del circuito.
- Contador de energía.

## KIT SOLAR INYECCIÓN A RED SIN BATERÍAS

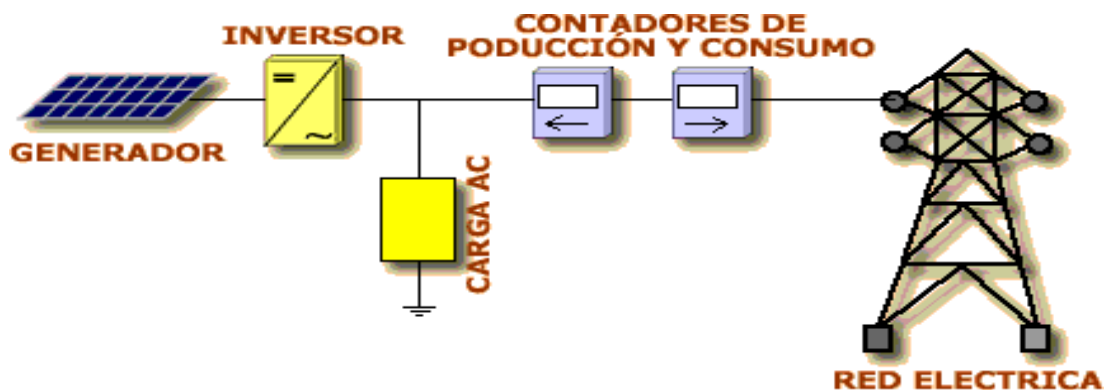


**Figura 22** – Sistema fotovoltaico conectado a la red

Fuente: <https://ecotechgeccai.wordpress.com/>

### 2.2.23.3 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red con respaldo de Un banco de baterías.

En ocasiones la red de energía eléctrica sufre problemas de calidad de suministro, como consecuencia de la capacidad limitada que pudiera presentar las líneas de transmisión en relación de la demanda necesaria a satisfacer el consumo requerido por la carga. Una alternativa para solucionar este tipo de inconvenientes una topología conformada de un arreglo fotovoltaico, un inversor y una batería recargable (Ver figura 23). Este tipo de sistema tiene como objetivo principal inyectar energía en los puntos problemáticos de la red eléctrica. La energía eléctrica es suministrada por los módulos fotovoltaicos en el día y por la batería durante la noche cuando el consumo de energía es alto. La batería puede ser recargada desde el arreglo fotovoltaico durante el día o desde la red de energía eléctrica cuando la demanda sea pequeña, de esta manera la carga a la red se reduce en las horas de mayor consumo de energía haciendo el sistema fotovoltaico más confiable.



**Figura 23** – Sistema fotovoltaico conectado a la red con respaldo de banco de baterías

Fuente: [www.newensolar.cl](http://www.newensolar.cl)

#### 2.2.23.4 Sistema fotovoltaico híbrido

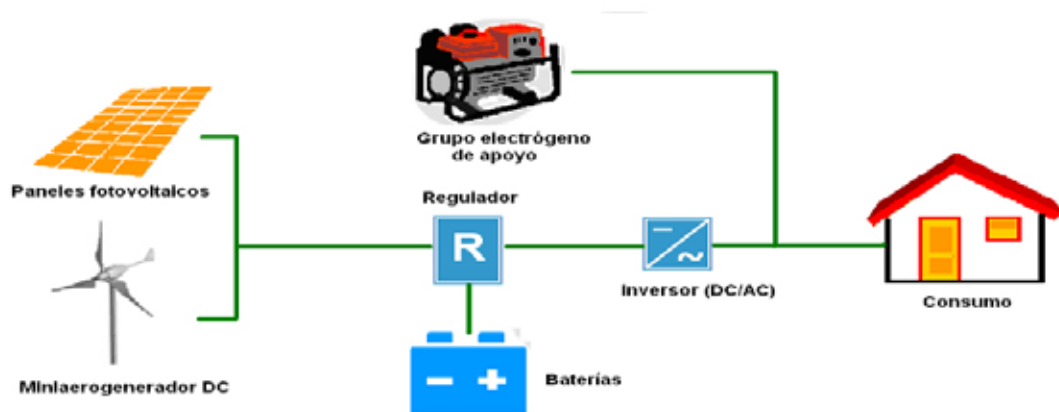
Los sistemas híbridos generalmente están compuestos por un sistema de respaldo de energía (un generador convencional) acoplado de manera eficiente con una fuente de energía renovable (generalmente un sistema fotovoltaico) de manera de garantizar el suministro de la demanda de energía requerida (Ver figura 24).

Este tipo de sistemas generalmente se diseñan de manera que durante las horas de mayor incidencia solar los módulos fotovoltaicos sean los encargados de suministrar la demanda de energía requerida por los usuarios del sistema, permitiendo que durante este proceso cargar el sistema de baterías. Además, los sistemas híbridos se diseñan de manera que cuando la demanda de energía requerida no pueda ser suministrada por el arreglo fotovoltaico y el banco de baterías entonces el sistema secundario de energía o de respaldo que por lo general son la energía eólica o los grupos electrógenos entra en funcionamiento a fin de garantizar el suministro de energía demandada por el sistema.

Los sistemas híbridos pueden ser tan grandes como lo requiera una determinada aplicación, pudiéndose acoplar al sistema fotovoltaico varios sistemas secundarios o de respaldo. Los sistemas de respaldo que generalmente se utilizan en este tipo de sistemas son la red de energía eléctrica, los generadores eólicos, pequeñas centrales mini hidráulicas, entre

otras fuentes capaces de producir energía eléctrica. Dichos sistemas son necesarios cuando se requiera una disponibilidad constante y permanente de energía eléctrica, o bien cuando se requiere de elevadas cantidades de energía eléctrica.

Una de las ventajas de los sistemas híbridos es que al acoplar un sistema auxiliar que sirva de respaldo al sistema solar fotovoltaicos hará que el sistema sea más eficiente pudiéndose reducir los costos de la inversión inicial debido a la optimización en el dimensionamiento en la capacidad de las baterías y de la cantidad de paneles fotovoltaicos requeridos.



**Figura 24** – Sistema fotovoltaico híbrido

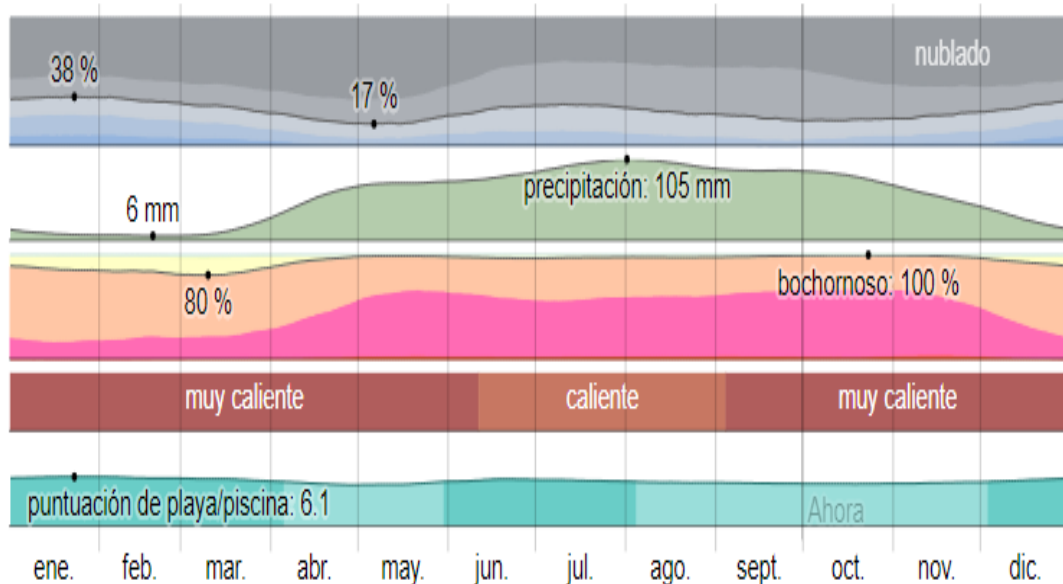
Fuente: <https://www.barloventorecursos.com>

#### **2.2.24 Estudio de las condiciones climáticas para la implementación del sistema fotovoltaico.**

Para estudiar la factibilidad de instalar sistemas de energía renovable, es preciso el estudio de las condiciones climáticas de la zona, ya que el sistema alternativo propuesto utilizará paneles solares.

Carabobo es uno de los estados cercano a las costas marítimas de Venezuela tiene temperaturas bastante cálidas. En el municipio San Diego, los veranos son cortos, muy caliente, secos y nublados; los inviernos son cortos, caliente, mojados y mayormente nublados y está opresivo durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 20 °C a 31 °C y rara vez baja a

menos de 19 °C o sube a más de 34 °C. La ciudad está situada a una altitud 497 msnm. Los vientos alisios tienden a refrescar la temperatura y cuenta con el periodo de lluvias que va desde abril a noviembre.



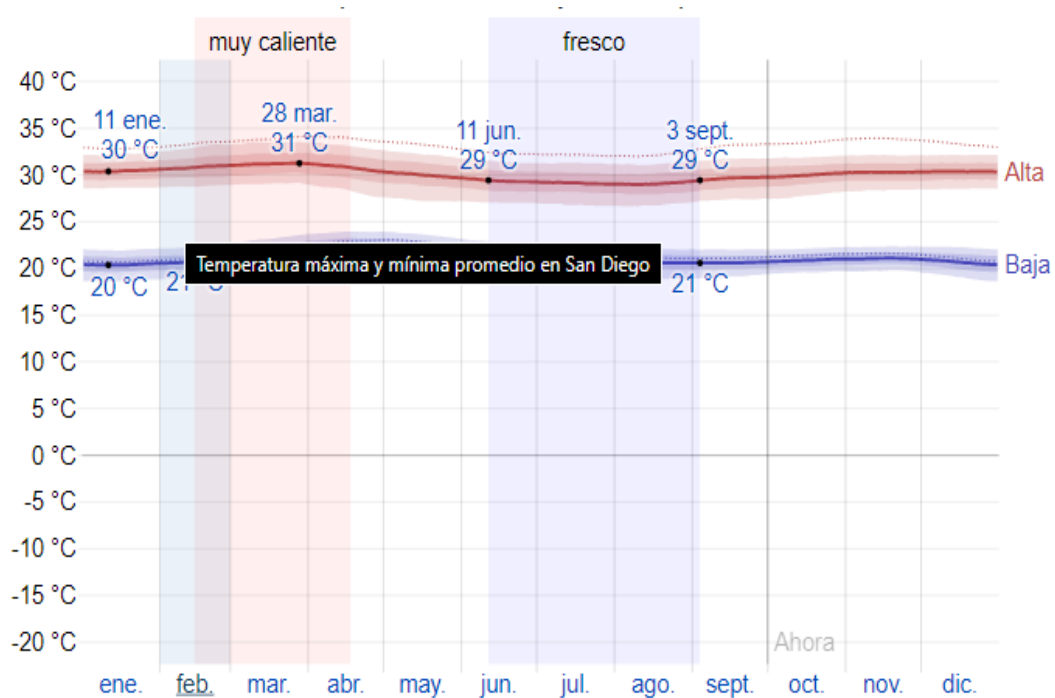
**Figura 25** – Clima promedio anual

**Fuente:** Weather Spark

### Temperatura

La temporada calurosa dura 2,1 meses, del 14 de febrero al 17 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 31 °C. El día más caluroso del año es el 28 de marzo, con una temperatura máxima promedio de 31 °C y una temperatura mínima promedio de 22 °C.

La temporada fresca dura 2,8 meses, del 11 de junio al 3 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 29 °C. El día más frío del año es el 11 de enero, con una temperatura mínima promedio de 20 °C y máxima promedio de 30 °C.



La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

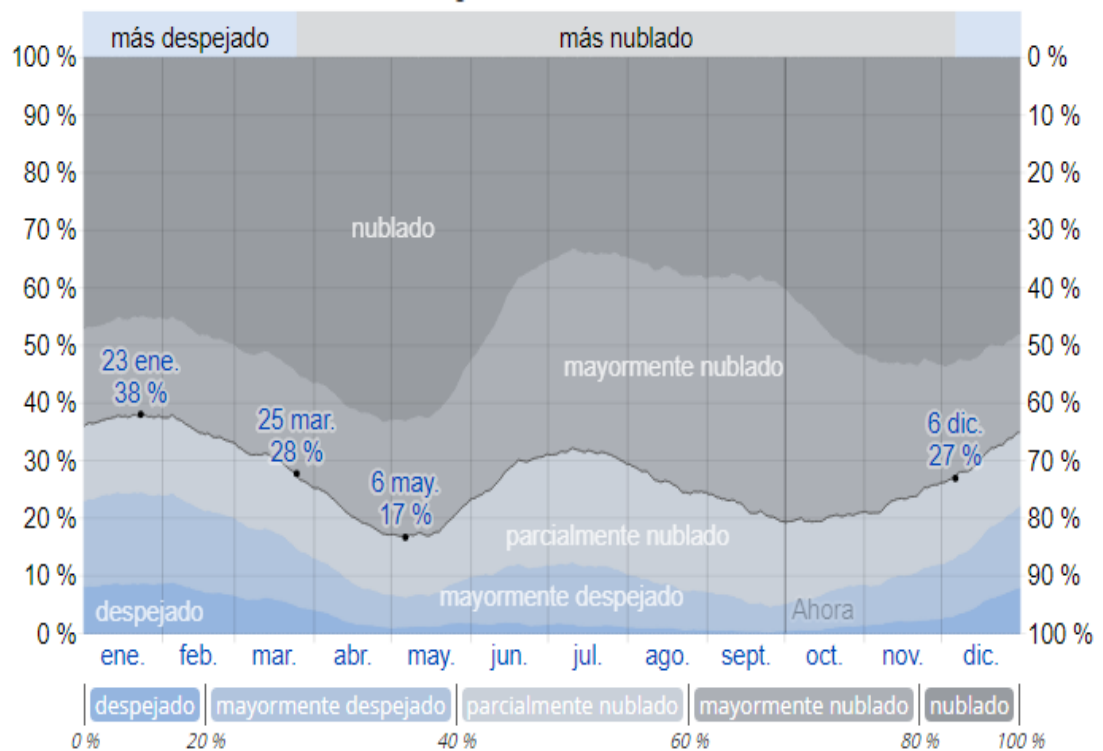
**Figura 26** – Temperatura máxima y mínima anual

**Fuente:** Weather Spark

### Nubes

En San Diego, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente en el transcurso del año. La parte más despejada del año en San Diego comienza aproximadamente el 6 de diciembre; dura 3,6 meses y se termina aproximadamente el 25 de marzo. El 23 de enero, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 38 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 62 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 25 de marzo; dura 8,4 meses y se termina aproximadamente el 6 de diciembre. El 6 de mayo, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 83 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 17 % del tiempo.

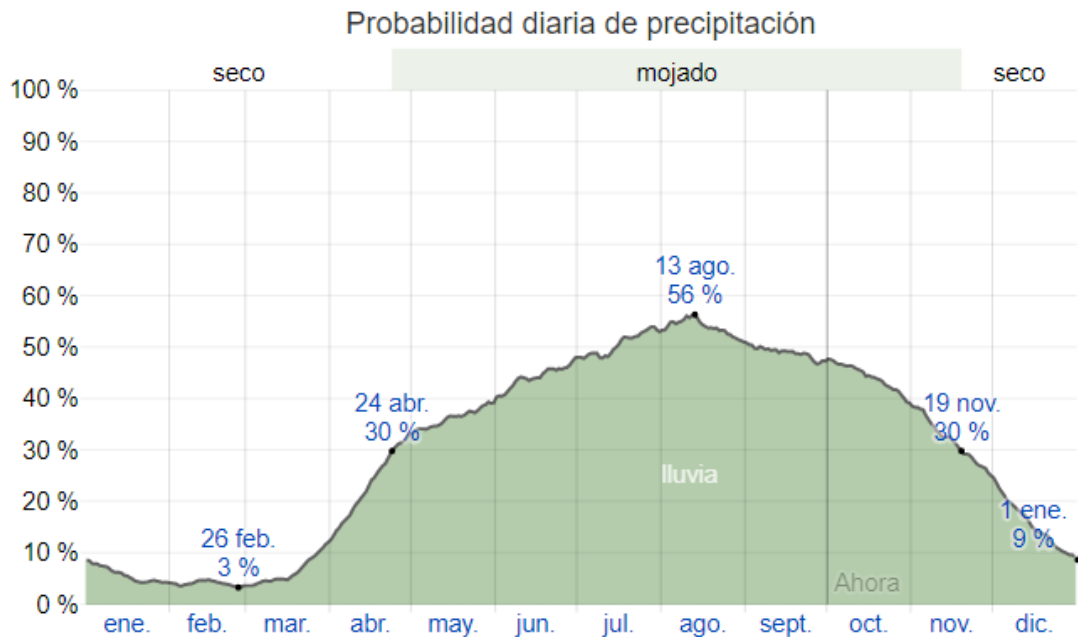


**Figura 27** – Nubosidad promedio anual

**Fuente:** Weather Spark

### Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en San Diego varía muy considerablemente durante el año. La temporada más mojada dura 6,9 meses, de 24 de abril a 19 de noviembre, con una probabilidad de más del 30 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 56 % el 13 de agosto. La temporada más seca dura 5,1 meses, del 19 de noviembre al 24 de abril. La probabilidad mínima de un día mojado es del 3 % el 26 de febrero.



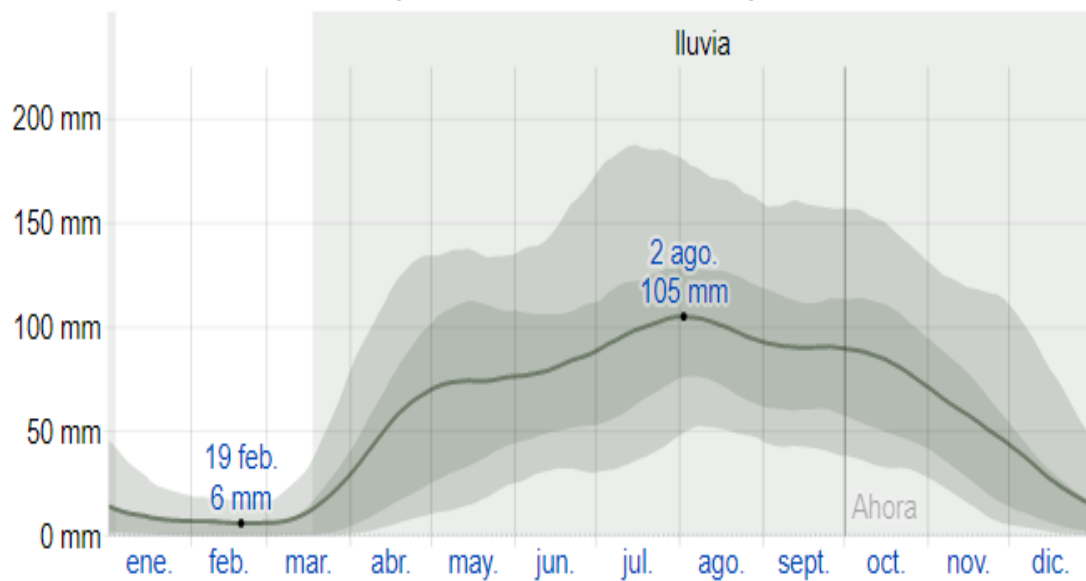
**Figura 28** – Probabilidad Diaria de Precipitación

**Fuente:** Weather Spark

## Lluvia

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. San Diego tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación. La temporada de lluvia dura 9,6 meses, del 18 de marzo al 4 de enero, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 2 de agosto, con una acumulación total promedio de 105 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 2,4 meses, del 4 de enero al 18 de marzo. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 19 de febrero, con una acumulación total promedio de 6 milímetros.

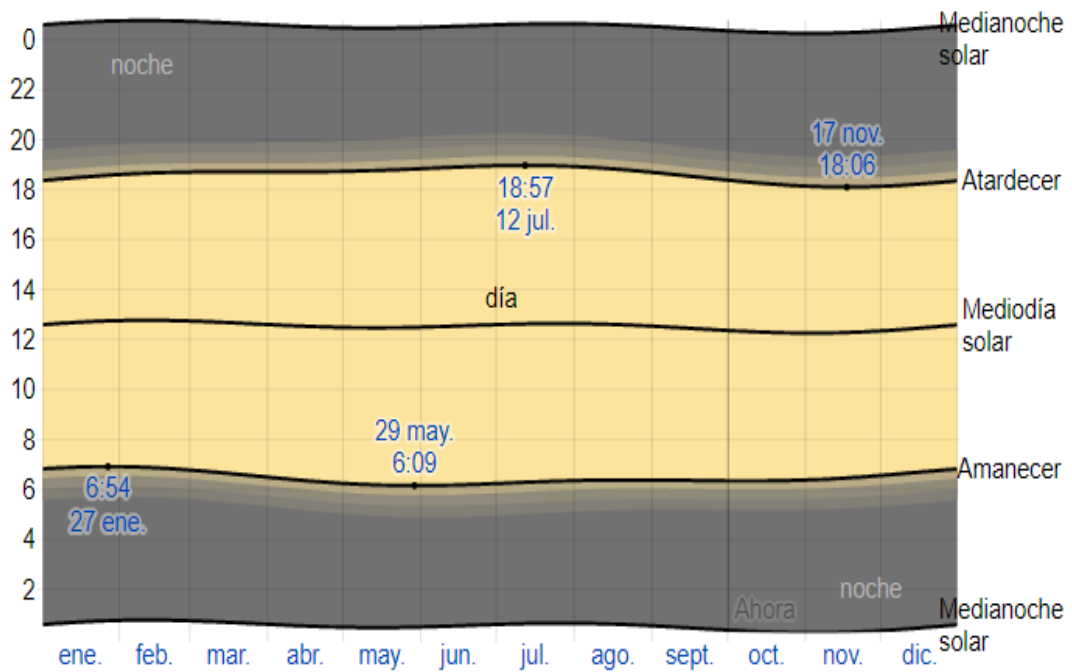


**Figura 29** – Precipitación de Lluvia Mensual Promedio

**Fuente:** Weather Spark

### Sol

La duración del día en San Diego no varía considerablemente durante el año, solamente varía 43 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2019, el día más corto es el 22 de diciembre, con 11 horas y 32 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 12 horas y 44 minutos de luz natural.



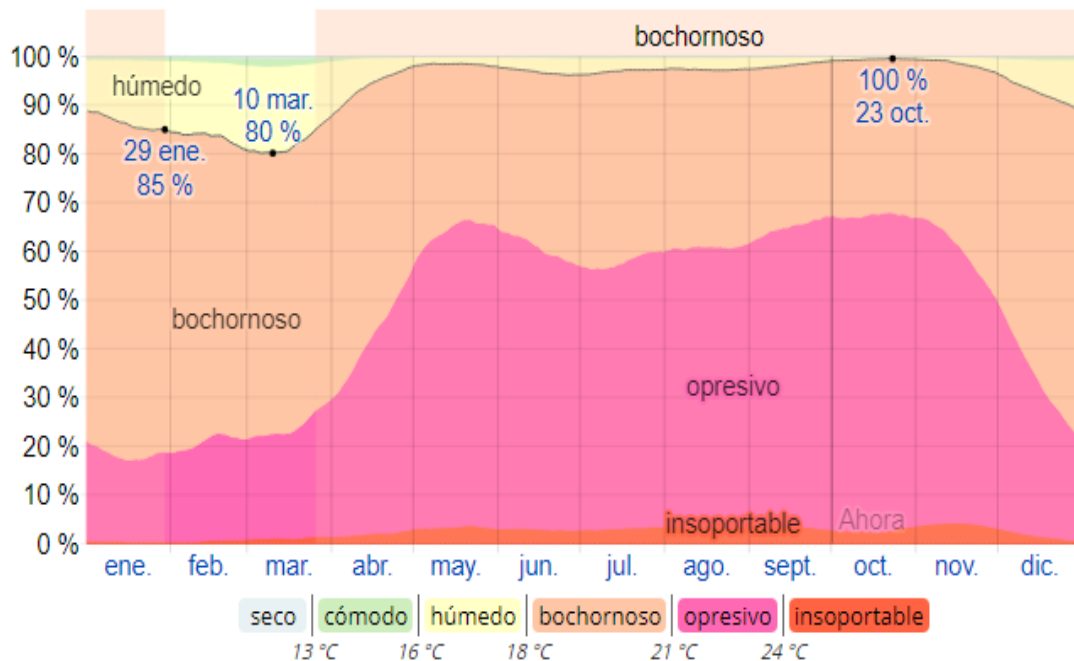
**Figura 30** – Salida y Puesta del Sol

Fuente: Weather Spark

## Humedad

Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda. En San Diego la humedad percibida varía levemente.

El período más húmedo del año dura 10 meses, del 26 de marzo al 29 de enero, el día más húmedo del año es el 23 de octubre, con humedad el 100 % del tiempo y el día menos húmedo del año es el 10 de marzo, con condiciones húmedas el 80 % del tiempo.



**Figura 31 – Niveles de Humedad**

Fuente: Weather Spark

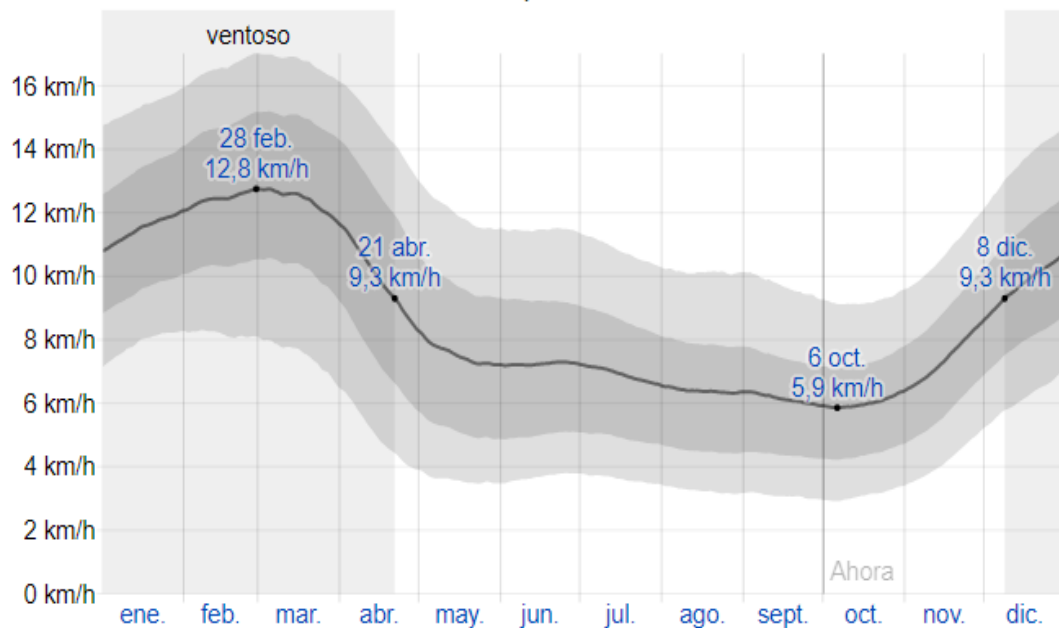
## Viento

El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en San Diego tiene variaciones estacionales considerables en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 4,4 meses, del 8 de diciembre al 21 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 9,3 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 28 de febrero, con una velocidad promedio del viento de 12,8 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 7,6 meses, del 21 de abril al 8 de diciembre. El día más calmado del año es el 6 de octubre, con una velocidad promedio del viento de 5,9 kilómetros por hora.



**Figura 32** – Velocidad Promedio del Viento

Fuente: Weather Spark

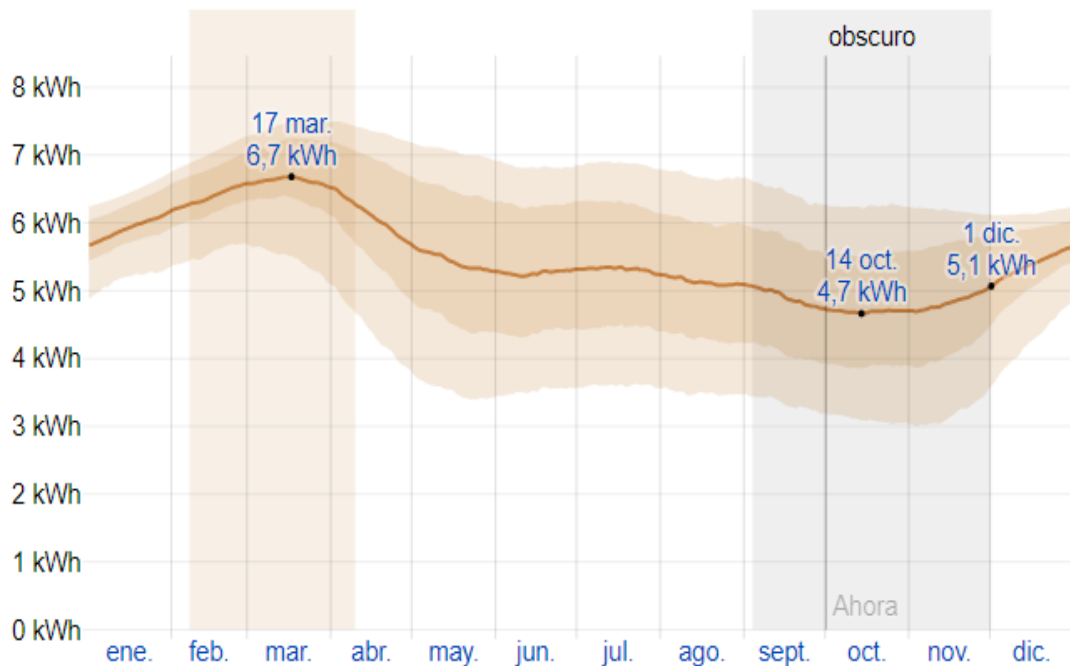
### Energía solar

Para la energía solar de onda corta incidente diario total que llega a la superficie de la tierra en un área amplia, se toma en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales leves durante el año.

El período más resplandeciente del año dura 2,1 meses, del 7 de febrero al 10 de abril, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 6,3 kW/h. El día más resplandeciente del año es el 17 de marzo, con un promedio de 6,7 kW/h.

El periodo más obscuro del año dura 2,9 meses, del 4 de septiembre al 1 de diciembre, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 5,1 kW/h.



**Figura 33 – Energía Solar Incidente Promedio Diaria Anual**

Fuente: Weather Spark

### 2.2.25 Análisis del sistema eléctrico Nacional en Generación y Distribución de electricidad.

Venezuela cuenta con un sistema eléctrico constituido por complejas hidroeléctricas que representan el 62% de la generación total, el 35% generado por plantas termoeléctricas y 3% por grupos electrógeno. Se tiene que el mayor porcentaje de la energía eléctrica en el país es de origen hídrico; el elevado compromiso de este componente de generación hace que el sistema energético sea vulnerable frente a escenarios extremos como el Fenómeno del Niño, de esta forma, como ha sucedido en el pasado, se cuenta con el respaldo de la generación térmica con el fin de seguir cubriendo la demanda en casos extremos. Esto significa que la generación eléctrica del país sea sensible frente al

cambio climático, Por ello se está haciendo uso de una energía renovable, en el momento en que se presenten cambios desfavorables en los patrones hidrológicos, la dependencia pasa a ser de energías convencionales que representan mayor impacto ambiental asociado a emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al calentamiento global.

En consecuencia, de la crisis existente en el sistema eléctrico nacional, muchas han sido las propuestas que han surgido desde distintas fuentes, las cuales tienen como objetivo, alcanzar la reconstrucción de las centrales hidroeléctricas y termoeléctricas, para repotenciarlas de acuerdo a las necesidades energéticas de las diferentes regiones del país.

En una investigación realizada por el colegio de ingenieros, a través de la fundación Pensar en Venezuela presentaron una propuesta que contempla, además del diagnóstico del sistema Eléctrico Nacional actual y sus soluciones para reactivarlo, un análisis de la realidad petrolera, un estudio ambiental y sus efectos, y finalmente la novedosa propuesta de la implementación de un proceso de “transición energética”, en la cual se modifica el esquema tradicional de oferta y demanda de energía mundial, en la cual las fuentes renovables de energía y el incremento de su eficiencia dejan de lado el uso de los tradicionales combustibles fósiles conocidos en el mercado.

Las causas de la crisis eléctrica están relacionadas por diferentes factores, entre ellos, la politización, por encima de lo técnico o lo económico, la falta de disponibilidad de las plantas, así como la falta de inversión, mantenimiento y gerencia.

La situación petrolera nacional, tomando en cuenta que este recurso se utiliza para la generación energética, puesto que el porcentaje de producción ha caído en un 80%, y la pérdida de activos en el exterior, así como también el deterioro de infraestructura, la industria está endeudada y sancionada, hay dificultades al acceso de recursos financieros y existe un déficit en lo relacionado al capital humano y gerencial.

Por si fuera poco, aunado a la crisis eléctrica nacional y la debacle de la industria petrolera, existe un tercer aspecto que debe ser tomado en cuenta y que hace inminente la implementación de estas nuevas formas de producir energía y avanzar en el proceso de transición, como lo es el desequilibrio ambiental mundial.

#### **2.2.26 Impacto Ambiental por la Generación de Electricidad**

Dentro de las actividades de generación de electricidad se identifican distintos fenómenos globales generados por el conjunto de la sociedad

- **Fenómenos globales**

**Biodiversidad:** Perturbación de la flora y fauna (Pérdida de ejemplares de aves por electrocución o colisión provocadas por las líneas eléctricas, descargas térmicas, posible contaminación accidental por fugas o vertidos de sustancias contaminantes) y afectaciones ambientales dentro del medio sociocultural.

Fragmentación del hábitat (construcción de embalses y presa, construcción de líneas eléctricas y parques eólicos).

**Degradación de la Capa de ozono:** Este fenómeno es consecuencia de la alteración del balance atmosférico de oxígeno y ozono. Las emisiones de clorofluorocarbonos (CFC), un hidrocarburo sintético utilizado como refrigerante, son las principales responsables de este impacto.

**Cambio climático:** El incremento de las emisiones antropogénicas (debidas a la actividad humana) de gases de efecto invernadero (GEI) provoca una concentración en la atmósfera de éstos gases superior a la natural.

**Lluvia Acida:** El uso como combustible de determinados tipos de carbones en las centrales térmicas puede dar lugar a la formación de ácido sulfúrico y ácido nítrico ( $H_2SO_4$  y  $HNO_3$  respectivamente) en la atmósfera. La lluvia ácida se forma generalmente en las nubes altas donde el  $SO_2$  y los  $NO_x$  reaccionan con el agua y el oxígeno, formando una solución

diluida de ácido sulfúrico y ácido nítrico. La radiación solar aumenta la velocidad de esta reacción.

- **Impactos globales**

**Consumo de recursos naturales:** Las diferentes modalidades de generación de energía eléctrica conllevan un consumo de recursos naturales, destacándose los combustibles fósiles y la energía sobre el resto. El consumo más característico de la actividad es el consumo de combustible, para la generación de electricidad en centrales térmicas convencionales y de ciclo combinado.

**Impacto visual:** En la distribución de energía eléctrica, el impacto visual más significativo es el de las redes y de las diferentes actuaciones acometidas a su alrededor en entornos en algunos casos con un alto valor ambiental. Las centrales térmicas no se suelen disponer en entornos de alto valor ecológico, pero tienen un inevitable impacto visual dado el tamaño y estructura de los edificios y los penachos de sus emisiones de gases. Las centrales hidráulicas, se emplazan en los cursos de ríos dando lugar embalses que cambian el entorno y en algunos casos están integrados en espacios naturales protegidos.

**Emisiones:** La combustión de combustibles fósiles es una actividad necesaria para la generación de electricidad, esta combustión conlleva emisiones de gases como el CO<sub>2</sub>, el CH<sub>4</sub>, el N<sub>2</sub>O, que son gases de efecto invernadero. Aproximadamente, las cifras de emisión son de 450 a 800 mg/Nm<sup>3</sup> en las centrales que utilizan fuelóleo, y de 400 a 1.200 mg/Nm<sup>3</sup> en las centrales de carbón. Las partículas que se emiten junto con el resto de los gases por la chimenea de la central, pueden tener efectos nocivos sobre la flora, la fauna y las personas.

**Residuos:** La generación de residuos nucleares de alta, media y baja actividad, es uno de los impactos más significativos de la generación de energía eléctrica, el posterior almacenamiento de los residuos en

lugares seguros supone una de las mayores problemáticas, dado que se requieren de condiciones especiales para poder almacenar residuos de esta naturaleza durante largos períodos de tiempo.

**Vertidos:** Los vertidos de las centrales térmicas se pueden agrupar en dos grupos, aguas de refrigeración que generan un impacto térmico en el medio receptor y los vertidos de aguas residuales con distintas sustancias.

**Campos electromagnéticos:** Las líneas eléctricas de alta tensión generan un campo electromagnético de frecuencia industrial. Su intensidad dependerá de diversos factores, como el voltaje, potencia eléctrica que transporta, geometría del apoyo, número de conductores, distancia de los cables al suelo, etc.

**Ruidos:** En la distribución de energía eléctrica, el paso de la corriente de alta tensión a través de la red genera ruido que en condiciones normales apenas es perceptible y sólo se incrementa en casos de niebla o lluvia. Los transformadores de las subestaciones y centros de transformación también producen ruido.

Según la Organización meteorológica mundial existe un desarreglo climático que ha generado diferentes situaciones graves en materia ambiental. En el año 2.015, fue catalogado como el más caluroso antes registrado, así como el aumento en fenómenos como tornados, lluvias y sequías extremas, entre otras consecuencias.

Se refirió también al efecto invernadero, el cual sigue agravándose y cargando de CO<sub>2</sub> la atmósfera de la tierra, el aumento de la temperatura a nivel mundial, así como el del nivel del mar, la reducción significativa de nieve en los polos, la desaparición de varios glaciares y la acidificación de los océanos.

Las emisiones a nivel mundial están alcanzando unos niveles sin precedentes que parece que aún no han llegado a su cota máxima. Los últimos cuatro años han sido los más calurosos de la historia y las temperaturas invernales del Ártico han aumentado 3 °C desde 1990. Los niveles del mar

están subiendo, los arrecifes de coral se mueren y estamos empezando a ver el impacto fatal del cambio climático en la salud a través de la contaminación del aire, las olas de calor y los riesgos en la seguridad alimentaria.

Los impactos del cambio climático se sienten en todas partes y están teniendo consecuencias muy reales en la vida de las personas. Las economías nacionales se están viendo afectadas por el cambio climático, lo cual a día de hoy nos está costando caros y resultará aún más costoso en el futuro. Pero se empieza a reconocer que ahora existen soluciones asequibles y escalables que nos permitirán dar el salto a economías más limpias y resilientes.

Los últimos análisis indican que, si actuamos ya, podemos reducir las emisiones de carbono de aquí a 12 años y frenar el aumento de la temperatura media anual por debajo de los 2 °C, o incluso a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales, según los datos científicos más recientes.

Entre los principales acuerdos, está el acuerdo de París, un marco normativo visionario, viable y puntero que detalla exactamente las medidas a tomar para detener la alteración del clima e invertir su impacto. Sin embargo, este acuerdo no tiene sentido en sí mismo si no se acompaña de una acción ambiciosa.

El cambio climático es el mayor desafío de nuestro tiempo y ahora nos encontramos en un momento decisivo para hacer algo al respecto. Todavía estamos a tiempo de hacer frente al cambio climático, pero esto requerirá un esfuerzo sin precedentes por parte de todos los sectores de la sociedad. Para impulsar nuestra misión y acelerar la implementación del Acuerdo de París sobre el Cambio Climático, el Secretario General Antonio Gutiérrez ha organizado la Cumbre del Clima el 23 de septiembre de 2019. La Cumbre supondrá un gran salto en la ambición política nacional colectiva y mostrará grandes avances en la economía real en apoyo de la agenda. Estos avances reforzarán los mercados y las políticas y darán el impulso necesario en la

"carrera hacia la cima" a países, empresas, ciudades y sociedad civil, para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible y del Acuerdo de París.

Para que sean efectivos y fiables, estos planes no pueden enfrentarse a la reducción de forma aislada: deben mostrar una vía hacia la **transformación completa de las economías siguiendo los objetivos de desarrollo sostenible**. No deberían generar ganadores y perdedores, ni aumentar la desigualdad económica. Tienen que ser justos, crear nuevas oportunidades y proteger a aquellos que se ven afectados por los impactos negativos en el contexto de una transición justa. También deberían incluir a las mujeres como principales encargadas de la toma de decisiones: solo la toma de decisiones desde la diversidad de género es capaz de abordar las diferentes necesidades que surgirán en este próximo periodo de transformación fundamental.

La Cumbre reunirá a gobiernos, sector privado, sociedad civil, autoridades locales y otras organizaciones internacionales para desarrollar soluciones ambiciosas en seis áreas: la transición global hacia energías renovables; infraestructuras y ciudades sostenibles y resilientes; la agricultura y ordenación sostenible de nuestros océanos y bosques; la resiliencia y adaptación a los impactos climáticos; y la convergencia de financiación pública y privada con una economía de emisiones netas cero.

El sector empresarial está de nuestra parte. La aceleración de las medidas contra el cambio climático puede fortalecer nuestras economías y crear empleos, al mismo tiempo que genera un aire más limpio e impulsa la conservación de los hábitats naturales y la biodiversidad y la protección de nuestro medio ambiente.

Las nuevas tecnologías y las soluciones ofrecidas por la ingeniería ya producen energía a un coste menor que la economía basada en combustibles fósiles. La solar y la eólica son actualmente las fuentes de energía más baratas

en casi todas las principales economías. Pero debemos empezar ya a poner en marcha cambios radicales.

### **¿Qué es el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12?**

El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 12 de la Agenda 2030, busca garantizar modelos de consumo y producción sostenibles, lo que incluye la eliminación gradual de los subsidios a los combustibles fósiles que generan desechos y contaminación, y el fomento de la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales. Según las Naciones Unidas, en 2018 un total de 162 países desarrollaron políticas e iniciativas nacionales relacionadas con el consumo y la producción sostenibles. Esto con el fin de garantizar una reducción del 45% de emisiones de CO2 para el 2030, y llevarla a un valor de cero para 2050.

Estos objetivos forman parte de la Agenda de Desarrollo 2030, que son de carácter integrado, e indivisible, de alcance mundial y de aplicación universal, que tienen en cuenta las diferentes realidades, capacidades, y niveles de desarrollo de cada país, y respeta sus políticas y prioridades nacionales.

En el tablero, Venezuela se ubica en la posición 108 de 162 países, con una puntuación de 63.1 sobre 100.

Lo anteriormente descrito, refleja que Venezuela no pone esfuerzos en alinearse con los objetivos del desarrollo sostenible, no desarrolla planes, programas o proyectos para la solución de problemas económicos, sociales, institucionales, culturales y ecológicos, y es muy nula o no existe el seguimiento de las pocas actividades dirigidas al desarrollo sostenible que se desarrollan.

#### **2.2.27 Análisis de ciclo de vida**

El análisis de ciclo de vida de un producto es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida

de un producto. La metodología considera una serie de fases de trabajo interrelacionadas que siguen una secuencia más o menos definida.

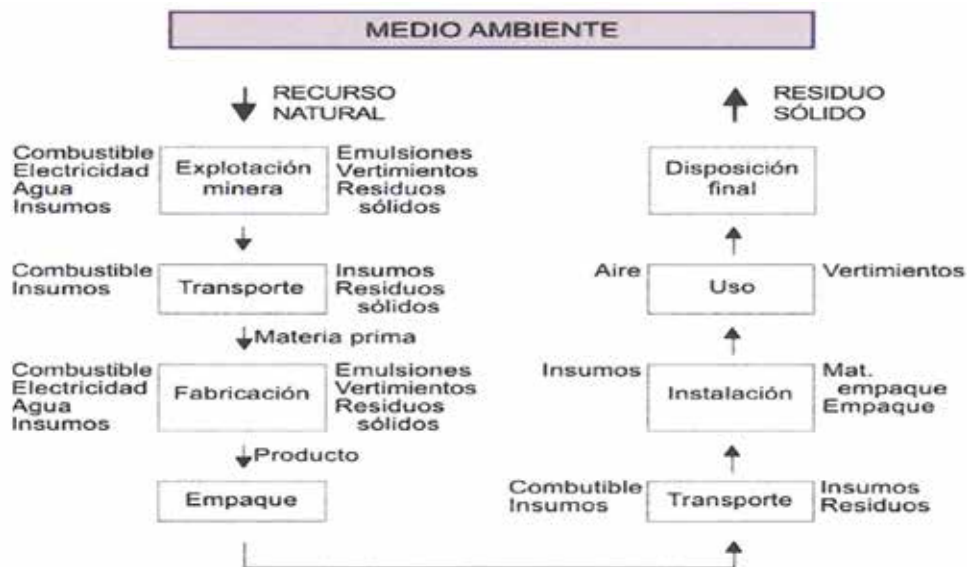
La organización internacional para la estandarización (ISO) es el organismo que ha desarrollado una serie de estándares enfocados a la administración o gestión ambiental. Estos estándares incluyen las series ISO-14040 sobre el ACV, que son de carácter voluntario y se muestran en la figura 41 según su influencia en la metodología.



**Figura 34** – Estructura del análisis de ciclo de vida con las normas ISO/TR que influyen en cada etapa

**Fuente:** El análisis del ciclo de vida y la Gestión Ambiental  
(Romero Rodríguez, 2.017).

La principal función del ACV es la de brindar soporte para tomar las decisiones que se relacionan con productos o servicios; y más específicamente, la de conocer las posibles consecuencias relacionadas con el uso de un producto o con la configuración y utilización de un servicio. En la figura se muestra un diagrama de proceso típico para un ACV.



**Figura 35** – Fases de un proceso para su ACV

**Fuente:** El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental (Romero Rodríguez, 2.017)

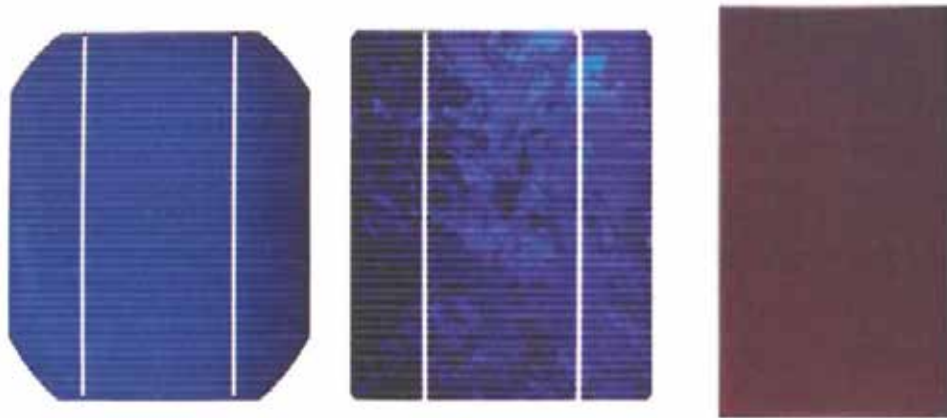
Los elementos a utilizar en la composición de los paneles solares son:

Módulos de silicio: el silicio es el material más usado para la fabricación de células fotovoltaicas. Fueron los primeros módulos fotovoltaicos en desarrollarse y combinan un alto rendimiento con un bajo precio de producción. Su vida útil ronda los 25 años tras los que aún puede seguir produciendo un 80% de su capacidad original con un mínimo mantenimiento.

Módulos de silicio policristalino: cumplen las mismas características que los monocristalino, pero su fabricación es mucho más sencilla y económica ya que la pureza del material no es tan alta ni su estructura tan perfecta. Tienen una menor resistencia al calentamiento y sus rendimientos son levemente inferiores a los anteriores, pero son los más utilizados en el presente y con unas ventas que crecen anualmente.

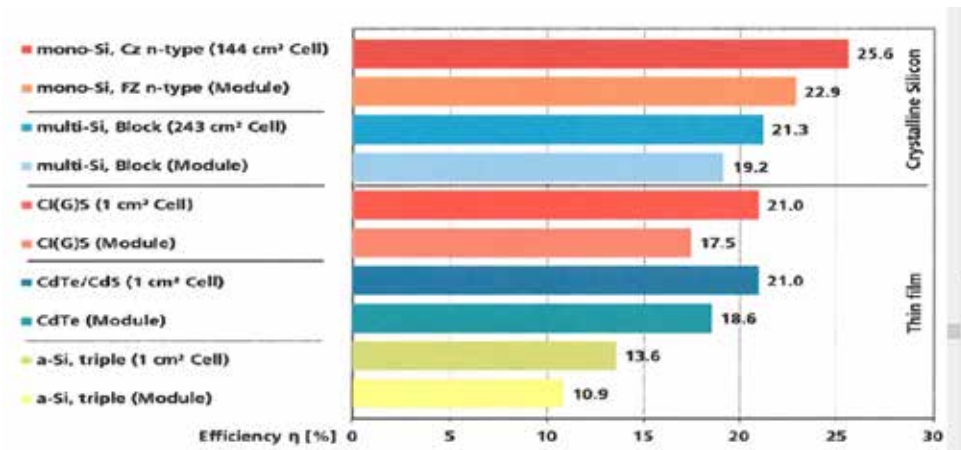
Thin film o lamina delgada: su proceso de producción se basa en depositar una o varias capas de material fotovoltaico sobre una superficie de cristal, plástico o metal para darle rigidez. El material suele ser telurio de cadmio (CdTe) o diseleniuro de cobre, indio y galio (CIGS). Los módulos a

base de (CdTe) son los segundos más comercializados, aunque las eficiencias de los thin film son inferiores a los módulos de silicio con un mayor mantenimiento.



**Figura 36** – Tipos de célula fotovoltaica de izquierda a derecha: monocristalina, policristalina, thin film.

Fuente: Energiasrenovablesinfo.com



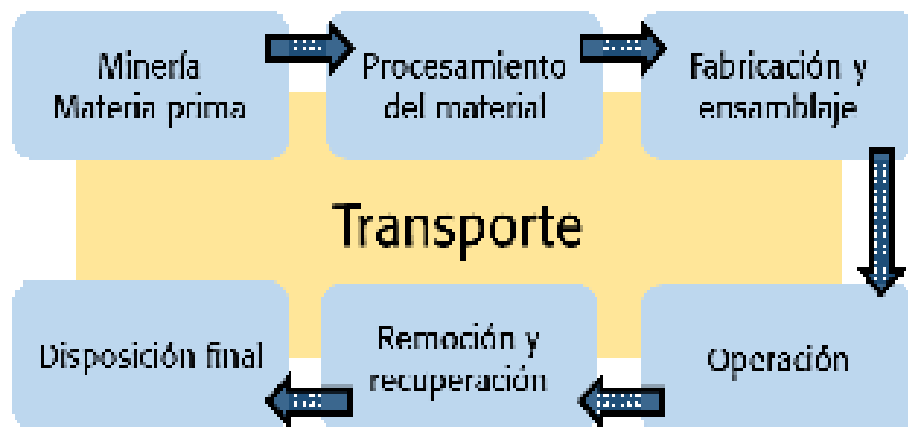
**Figura 37** – Eficiencia según el tipo de célula fotovoltaica

Fuente: Fraunhofer ISE, Photovoltaics Report (ISE, 2.016)

Como cualquier producto, el ciclo de vida permite obtener información desde las etapas más básicas de la fabricación, como lo son la extracción de los materiales hasta la disposición final. La información refleja los impactos que cada etapa de la construcción, uso y disposición podrían tener sobre el ambiente. Existen enfoques denominados desde la cuna hasta la sepultura

(C2G, cradle-to-grave), no obstante, otros enfoques promueven el reaprovechamiento de los materiales previo a la disposición final se denominan desde la cuna hasta la cuna (C2C, cradle-to-cradle).

Se establecen etapas para los materiales que componen un sistema fotovoltaico, para la construcción de paneles de c-Si la materia prima se obtiene a partir de un proceso de minería. El material debe adquirir un alto grado de pureza, esto implica que el procesamiento del mismo se distribuye en varios subprocesos, algunos muy intensivos en consumo energético, en estos se encuentra la diferencia entre el mc-Si (Silicio monocristalino) y el pc-Si (silicio policristalino). Una actividad paralela a todas las etapas y que es normalmente examinada por sus emisiones es el transporte.



**Figura 38** – Etapas del ciclo de vida de un sistema fotovoltaico

**Fuente:** Instituto Costarricense de Electricidad, San José, Costa Rica

#### • **Métodos y Materiales**

Obtener parámetros del consumo energético de las diferentes etapas de los procesos de fabricación, transporte, instalación y disposición final de los paneles solares fotovoltaicos basados.

Obtener datos de consumo energético de la fabricación de algunos componentes complementarios como el inversor y las estructuras de soporte aplicados en una planta solar FV.

Determinar la irradiación global horizontal, temperatura e irradiación difusa.

Ciclo craddle-grave (cuna a la tumba) de los paneles:

El proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos se representa de forma esquematizada en el diagrama de la figura. Comienza con la extracción y minería de los compuestos necesarios, siendo el silicio el más importante de ellos puesto que es la base con la que se fabrican las celdas. Este silicio hay que purificarlo hasta alcanzar un porcentaje superior al 99% de pureza.

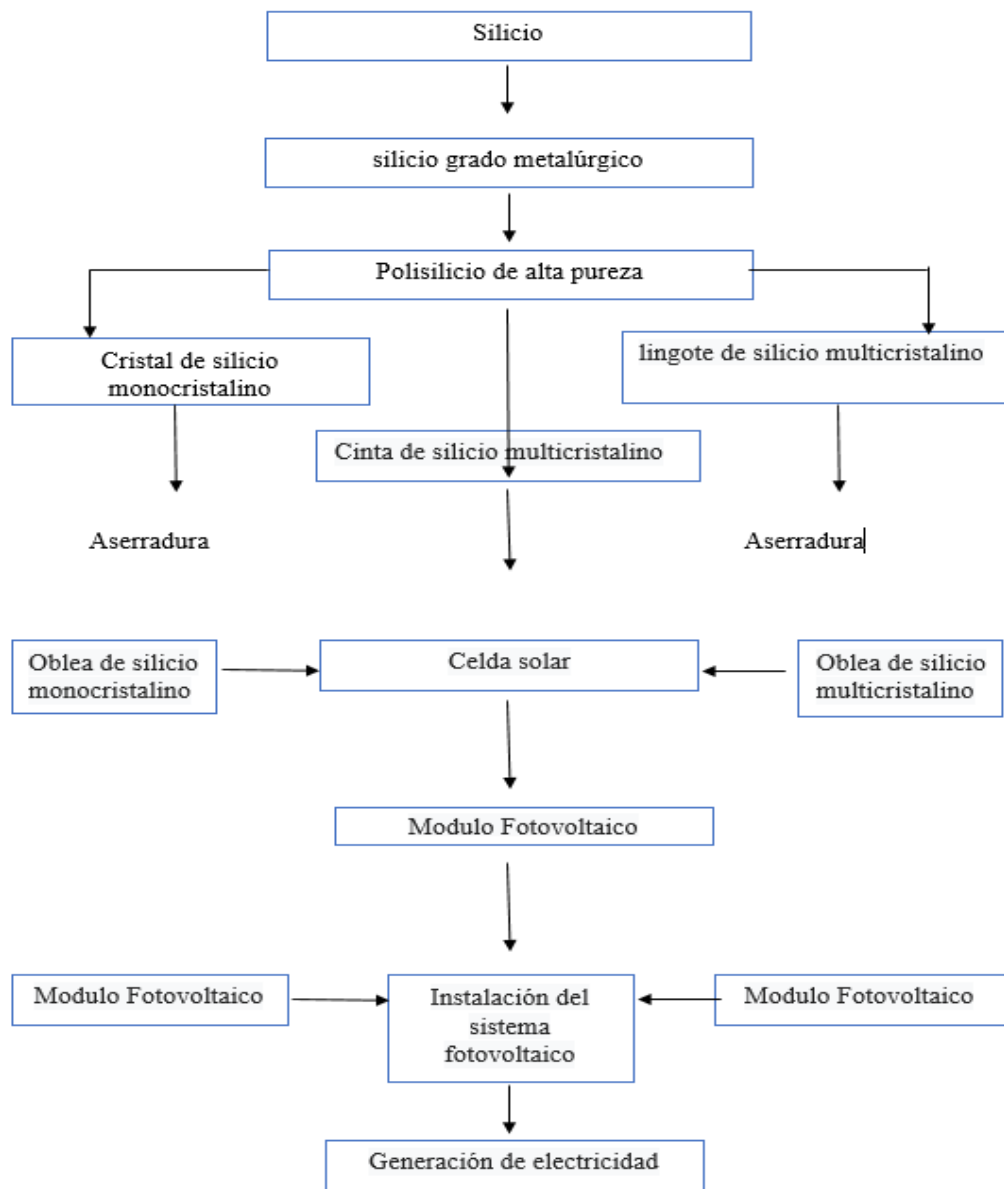
Una vez se ha obtenido un silicio puro se ataca químicamente y texturiza para obtener un lingote cilíndrico de silicio. Este lingote se corta en obleas finas que posteriormente se cortan con la forma de un cuadrado con las esquinas recortadas.

Para obtener las células fotovoltaicas se incrustan hilos de material conductor en la superficie de la oblea. Posteriormente se colocan unas células junto a otras forman un circuito y este conjunto se encapsula entre dos láminas de resina EVA (polietileno formado por etileno y acetato de vinilo) que cumplen las funciones adhesiva y sellante para aislar el panel del polvo o la humedad. El bloque de celdas y Eva se colocan sobre una base metálica que confiere soporte y se cubren con una capa de vidrio para evitar que se dañen.

De esta forma, las láminas de silicio policristalino de las células producen corrientes mediante el efecto fotoeléctrico que se suman entre ellas al estar conectas y se transmiten por las conexiones, que se encuentran detrás del panel, hasta la red donde se conecten.

En el caso de las instalaciones fotovoltaicas, los paneles se conectan entre ellos formando series y paralelos hasta obtener unas condiciones de tensión y corriente óptimas para conectarlos al inversor.

Conocido el proceso de fabricación, podemos dividir el ciclo from craddle to grave (de la cuna a la tumba) en cuatro etapas: extracción de materiales, transformación del silicio, ensamblaje del panel y montaje de la instalación fotovoltaica.



**Figura 39** – Fases del proceso de fabricación del panel fotovoltaico

**Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de Photovoltaics: Life-Cycle Analysis (Fthenakis & Kim, 2.011)

### • Extracción

El silicio se encuentra en la naturaleza en la arena con presencia del 30% y combinado con oxígeno en forma de cuarcita que es en un 90% óxido de silicio, SiO<sub>2</sub>

## · **Transformación del Silicio**

El proceso de purificación es laborioso y se realiza en varios pasos, en cada uno de los cuales se obtiene un silicio con un grado de pureza creciente.

·

El silicio se separa del oxígeno mediante una reacción con carbono, calentándolo a 1500-2000 °C en un horno de arco eléctrico. Allí se somete a campos eléctricos muy elevados que rompen enlaces químicos que unen al silicio con el oxígeno según la reacción química



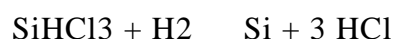
De esta forma se alcanza una pureza del 99% y con una importante presencia de materiales contaminantes como el hierro, boro o aluminio. Este silicio se denomina grado metalúrgico.

Obtención del silicio electrónico o silicio solar: este proceso se divide en dos etapas a su vez. En el primero, el silicio metalúrgico se convierte en gas en un proceso químico haciéndolo reaccionar con ácido clorhídrico (HCL) a 300 °C en un reactor para formar SiHCL<sub>3</sub> mediante la reacción:



La clave del proceso es que, durante la reacción. Las impurezas del silicio reaccionan con el HCL formando haluros (FeCL<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub> y BC<sub>3</sub>). Estos se pueden separar del silicio realizando un proceso de destilación fraccionada, que consiste en la separación sucesiva de los líquidos de la mezcla del SiHCL<sub>3</sub> y los diversos haluros de impurezas, aprovechando la diferencia entre sus puntos de ebullición.

Finalmente, el SiHCL<sub>3</sub> ya purificado se hace reaccionar con hidrogeno a 1100°C durante unas 200 – 300h mediante la siguiente reacción



El proceso se tiene lugar en el interior de grandes cámaras de vacío, en las que el silicio se condensa y se deposita sobre barras de polisilicio para obtener sobre ellas el silicio ya purificado.

## · **Fabricación**

Una vez purificado el silicio, el siguiente paso es formar una oblea en la que los átomos de silicio se colocan en una estructura regular, formando un bloque con propiedades adecuadas para hacer sobre él los pasos necesarios para fabricar un circuito integrado o una célula solar.

Los detalles del proceso de obtención de la oblea de semiconductor son los siguientes:

El silicio purificado y molido se introduce en un crisol donde se calienta hasta licuarlo

A continuación, la superficie del silicio líquido se pone en contacto con una pequeña semilla sujeta con una pértiga. Esa semilla es un trozo de silicio de elevada calidad, cuya función es hacer de guía durante el proceso de obtención del cristal semiconductor.

Posteriormente, la pértiga con la semilla fijada en su extremo se gira lentamente y se extrae del crisol. Los átomos de silicio se van situando en el bloque de semiconductor siguiendo la orientación marcado por la semilla. Durante el proceso de extracción, el silicio se enfría y solidifica.

Finalmente, se obtiene un lingote que se corta transversalmente para obtener las obleas que se someten a diversos procesos adicionales que las dejan preparadas para fabricar en ellas una célula solar.

Transporte de los paneles e instalación: Según la base de datos de Statista (Statista, 2.017) el mayor productor de silicio es china con 4800 millones de toneladas métricas, mientras que en España se sitúa en décimo lugar con una producción de 75 millones de toneladas, esto sería un 75% China y un 25% España respectivamente.

Por lo que el transporte de dichos paneles debe ser por vía marítima en primera instancia, posteriormente su transporte Nacional en camiones o trenes según sea el caso.

- **Instalación**

El montaje de una instalación fotovoltaica comprende varios elementos que, en conjunto, permiten la generación de electricidad. Primero se necesita un sistema de montaje que sustente los paneles, el cual se ha modelizado con el proceso Photovoltaic mounting system, for 570kWp open ground module, se ha elegido este sistema de instalación debido que posee todos los elementos necesarios para construir el sistema a modo de estructura que generalmente suele ser metálica.

A continuación, se montan los propios módulos conectados entre ellos que se corresponden con Photovoltaic panel, multi-Si wafer GLO market for APOS, U, siendo este una entrada al proceso global de la instalación fotovoltaica.

Por último, el inversor es el nexo de unión entre los paneles y la red eléctrica que distribuirá la energía generada a las líneas de transporte o bien al propio consumidor dependiendo de cómo sea la instalación. El inversor se ha representado mediante el proceso Inverter. 500kWGLO market for APOS, U ya que era el inversor con la potencia más parecida instalada.

Módulos. El proceso de montaje general de los paneles fotovoltaicos a partir de las células es Photovoltaic panel, multi-Si wafer GLO market for APOS, U, que corresponde con un panel de silicio policristalino de 1 metro cuadrado de superficie.

Células. El proceso de fabricación de las celdas es global, se han empleado unos valores estándar de la base de Ecoinvent y es el que se incluye dentro de los paneles.

Resultados. Una vez reunidos todos los datos necesarios para definir los procesos, se realiza un análisis mediante metodologías ILCD para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>, el impacto ambiental de la energía fotovoltaica en las distintas categorías y su huella hídrica.

- **Emisiones de CO2**

Mediante la metodología The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) se analizan las cantidades de CO2 emitidas por cada proceso para conocer su impacto en el calentamiento global. Este dato es especialmente interesante puesto que el aprovechamiento del recurso solar es una energía renovable, pero los materiales necesarios para ejercer dicho aprovechamiento, no lo son.

### 2.2.28 Ubicación del Proyecto

Ubicación: La Universidad José Antonio Páez se encuentra ubicada en el municipio San Diego, estado Carabobo, Av. Don Julio Centeno Arterial 5 urbanización Yuma II, de calle N° 3 (Ver figura 24).



**Figura 40** – Vista área plano de planta de la UJAP

**Fuente:** Google Earth

### 2.3 Bases legales y normativas:

El presente trabajo de investigación se fundamenta bajo el siguiente marco legal:

- **Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.**

De acuerdo a la CRBD, en su artículo 112. (De los Derechos Económicos), el Estado garantizara la creación y justa distribución de la riqueza, así como la producción de bienes y servicios que satisfagan las necesidades de la población, impulsando el desarrollo integral del país. Por otro lado, las ventajas que tienen los sistemas fotovoltaicos en los efectos sobre el ambiente, permite al Estado el uso y la aplicación de ellos en las comunidades, bajo el marco legal del artículo 127. (De los Derechos Ambientales), el cual señala que “Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado”.

Así mismo menciona que es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.

- **Ley Orgánica del Ambiente.**

Establece en su artículo 1. (Disposiciones Generales) las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y de la sociedad, para contribuir a la seguridad y al logro del máximo bienestar de la población y al sostenimiento del planeta. De igual forma, establece las normas que desarrollan las garantías y derechos constitucionales a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. Así mismo, en su artículo 34. (De la Educación Ambiental), la LOA establece que se debe promover y desarrollar conocimientos en los ciudadanos, sobre educación ambiental que reflejen alternativas de solución a los problemas socio-ambientales, contribuyendo así al bienestar social.

- **Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico.**

Por su parte esta ley menciona en el capítulo I, artículo 2. (Aspectos Básicos), que el Estado velará porque todas las actividades que constituyen el servicio eléctrico se realicen bajo los principios de equilibrio económico, confiabilidad, eficiencia, calidad, equidad, solidaridad, no-discriminación y transparencia, a los fines de garantizar un suministro de electricidad al menor costo posible y con la calidad requerida por los usuarios

Las actividades que constituyen el servicio eléctrico deberán ser realizadas considerando el uso racional y eficiente de los recursos, la utilización de fuentes alternas de energía, la debida ordenación territorial, la preservación del medio ambiente y la protección de los derechos de los usuarios.

- **Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía.**

Esta Ley tiene por objeto promover y orientar el uso racional y eficiente de la energía en los procesos de producción, generación, transformación, transporte, distribución, comercialización, así como el uso final de la energía, a fin de preservar los recursos naturales, minimizar el impacto ambiental y social, contribuir con la equidad y bienestar social, así como, con la eficiencia económica del país, mediante el establecimiento de políticas enfocadas en el uso racional y eficiente de la energía, la educación energética, la certificación de eficiencia energética y la promoción e incentivos para el uso racional y eficiente de la energía (Capítulo I, artículo 1).

- **Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.**

En cuanto al protocolo de Kyoto, el estado ratifica su voluntad de trabajar para disminuir la contaminación ambiental, específicamente la causa por los gases de los combustibles, que cada día destruye más la capa de

ozono, es por ello que el uso de energías alternativas representa una alternativa para contribuir con la no emisión de gases efecto invernadero.

- **Normas sobre el control de la contaminación generada por ruido**

Esta norma fija los límites de ruido de inmisión máximos permisibles de una fuente sonora fija, dependiendo del horario y del tipo de zona urbana a que corresponde el área que recibe las emisiones sonoras de la fuente en evaluación. Las fuentes de ruido de interés en este estudio, tiene que ver con la operación de la planta eléctrica en un área urbana y su afectación al personal que labora en el recinto universitario.

- **Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica**

En lo que respecta a esta norma, el capítulo III, del control de las fuentes fijas de contaminación atmosférica, sección I sobre la clasificación de las fuentes, en su artículo 9, se menciona que las fuentes fijas que se someterán a la aplicación de este decreto son aquellas que corresponde a las actividades definidas por las Naciones Unidas, donde el sector eléctrico también forma parte de esa clasificación, catalogado dentro del grupo SCD, bajo el título Combustión de carbón, leña, restos vegetales y derivados del petróleo, con fines de obtención de energía. La utilización de la planta eléctrica en estudio, dada su capacidad, no se considera una fuente que requiera evaluación de la calidad del aire; sin embargo, si debe tomarse en cuenta la frecuencia de uso, por la producción de emisiones contaminantes, aunque en menor proporción pudieran modificar la calidad del aire en el área donde se encuentra ubicada.

- **Lineamientos generales del Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2013 – 2019, Venezuela**

Del mismo modo, en los Lineamientos generales en su capítulo VI numeral 3.3, señala que se debe propiciar el uso de fuentes de energías alternas, renovables ambientalmente sostenibles, incentivar la generación de

fuentes alternas de energía, incrementar la generación de electricidad con energía no convencional y combustibles no hidrocarburos, aplicar fuentes alternas como complemento a las redes principales y en la electrificación de zonas aisladas.

#### **2.4 Definición de Términos Básicos:**

Para terminar de conformar el Marco Teórico de la Investigación se realizará un compendio de términos o definiciones no propias, las cuales expliquen el significado con el cual se utiliza el término o concepto, a lo largo de toda la investigación.

**Acumulador:** Es un elemento encargado de almacenar la energía obtenida mediante la energía solar para cuando sea necesario utilizarla.

**Amperio:** El amperio (símbolo: A) es la unidad base SI que se usa para medir la intensidad de la corriente eléctrica.

**Calor:** Se define como la contribución de la energía transformada como resultado de una reacción química o nuclear y transferida entre dos sistemas o entre dos partes de un mismo sistema.

**Célula fotovoltaica:** Es la unidad básica que permite transformar energía solar en energía eléctrica. Una célula fotoeléctrica es la unidad básica que permite transformar energía solar en energía eléctrica.

**Combustibles fósiles:** Son aquellos combustibles originados por la descomposición parcial de materia orgánica hace millones de años. Los combustibles fósiles son aquellos combustibles originados por la descomposición parcial de materia orgánica hace millones de años.

**Controlador de carga:** Componente de una instalación solar fotovoltaica para controlar el estado de carga y de descarga de la batería.

**Electricidad:** Es la forma de energía que produce efectos luminosos, mecánicos, caloríficos, químicos, etc., y que se debe a la separación o movimiento de los electrones que forman los átomos.

**Energía:** El término energía tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, surgir, transformar o poner en movimiento.

**Energía Eléctrica:** Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía lumínica o luz, la energía mecánica y la energía térmica.

**Energía Renovable:** Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

**Irradiación solar:** Es la potencia por unidad de área recibida del Sol en forma de radiación electromagnética en el rango de longitud de onda del instrumento de medición.

**Kilovatio:** Es una unidad de potencia equivalente a 1000 vatios. El vatio es la unidad de sistema internacional, equivale a un joule por segundo.

**Radiación:** La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol.

**Regulador de Carga:** Es un sinónimo de controlador de carga. Su función es controlar y gestionar la carga de las baterías de una instalación de energía solar fotovoltaica.

**Rendimiento:** Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.

**Silicio:** Es un elemento químico con excelentes propiedades semiconductoras. El silicio es fundamental para la energía fotovoltaica.

**Sistema aislado o remoto:** Sistema fotovoltaico autónomo, no conectado a red. Estos sistemas requieren baterías u otras formas de acumulación. Suelen utilizarse en lugares remotos o de difícil acceso.

**Sistema conectado a red:** Sistema fotovoltaico en el que actúa como una central generadora de electricidad, suministrando energía a la red.

**Sistema híbrido:** Sistema fotovoltaico que incluye otras fuentes que generan electricidad. Estas fuentes de energía adicional pueden ser generadores eólicos o grupos electrógenos.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En relación a este Capítulo, la Universidad José Antonio Páez (UJAP) (2007) en su Manual de Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado, plantea que “La metodología es una creación personal, cuyas técnicas e instrumentos a utilizar para la recopilación de datos, pueden resultar convenientes a los objetivos que se persiguen...” (p.14). En este sentido, se puede destacar que en este aspecto se desarrollará todo lo relativo a cómo abordar la investigación desde el punto de vista del propósito de la misma, que incluye la población y muestra del estudio, así como las técnicas e instrumentos de recolección de información necesaria para elaborar la propuesta.

En este contexto se dice que el presente Capitulo se explicará con detalle el camino a seguir en la investigación, indicando la manera de cómo se va a realizar el estudio, los pasos para realizarlo, y el método a seguir.

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación se adaptó a la modalidad de investigación de proyecto factible, ya que según el manual de trabajo de especialización, maestrías y tesis doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2006) se establece que:

“Consiste en el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación”. (p.7)

#### **3.2. Diseño de la Investigación**

La investigación es de campo-documental, en la cual, en su modalidad de campo, está referida a una problemática de la realidad, los estudios de

campo permiten interpretar la realidad del objeto de estudio, en este caso está referida al desarrollo acerca un sistema de iluminación autónomo, basado en paneles fotovoltaicos que abastece la iluminación de exteriores en la Universidad José Antonio Páez. Para ello se recurrirá a distintas fuentes documentales acerca del tema.

### **3.3 Nivel de la Investigación**

El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno.

El presente proyecto se corresponde con estudio no experimental descriptivo, ya que no busca deliberadamente alterar o controlar las variables dentro de la investigación. A este punto. Según el autor Palella y Martins (2010), define: El diseño no experimental es el que se realiza “Sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real”. (p. 87).

Según (Ramírez, T; 1.999) define: “Que son aquellos estudios cuyos objetivos es la descripción con mayor precisión, de las características de un determinado individuo, situaciones o grupos, con o sin especificación de hipótesis iniciales acerca de la naturaleza de tales características”. Es decir, el estudio trata acerca de la propuesta de un sistema basado en paneles fotovoltaicos para la iluminación de exteriores en la Universidad José Antonio Páez, Municipio San Diego Estado Carabobo, en este caso no se pretende llevar a control en la manipulación de las variables que conforman el estudio.

### **3.4. Población y Muestra**

Según Tamayo y Tamayo (1997) “La población es un conjunto de individuos de la misma clase, limitada por el estudio”.

Además, Para Ballestrini (2001) “La población puede estar referida a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas; y para el cual serán válidas las conclusiones de la investigación” Por consiguiente, la población será

determinada por sus características definitorias. Por lo tanto, el conjunto de elementos que posea esta característica se denomina población o universo.

Del mismo modo, según Ballestrini (2006) señala que una muestra es una parte representativa de una población, cuyas características deben producirse en ella, lo más exactamente posible.

Igualmente, Arias (2006) plantea que la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extraen de la población accesible.

- **Población.**

La población de la presente investigación está conformada por el objeto de estudio en la Universidad José Antonio Páez: Desarrollar un sistema de iluminación autónomo, basado en paneles fotovoltaicos que abastece la iluminación de exteriores en la Universidad José Antonio Páez. Actualmente existen luminarias de uso convencional dentro del recinto universitario tanto internas como externas, por tal motivo el cual se toma como población todo el sistema de iluminación.

- **Muestra.**

En relación con la muestra, Arias (2006) expresa que:

“La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. En este sentido, una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares a la del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido”. (p.83).

Por lo tanto, la muestra estuvo representada por las luminarias existentes externas del recinto ya que se tomaron en cuenta todos los componentes que intervienen en el sistema de luminarias de las áreas exteriores de la universidad José Antonio Páez.

### **3.5 Técnicas e Instrumentos de recaudación de datos**

Según, Ruiz (2005) expresa que Las técnicas de Recolección de Datos se definen generalmente “Como un conjunto de procedimientos y métodos que se utilizan durante el proceso de investigación”. En este sentido, para la elaboración de este estudio se utilizaron las siguientes técnicas:

- **Revisión Bibliográfica.**

La misma se empleó para recopilar en las diferentes fuentes escritas y bibliográficas la información necesaria para desarrollar y sustentar teóricamente el estudio. De acuerdo con Ander (2006), la revisión bibliográfica “Es la técnica más utilizada por los investigadores, para hacer el arqueo bibliográfico y documental, a fin de seleccionar las fuentes que aportarán la información útil y necesaria a la investigación”. (p. 19)

- **Observación Directa.**

La misma permite interactuar con los equipos y el personal que labora en la planta, ayudando a reforzar los fundamentos teóricos con la realidad como también, el tener mayor conocimiento en el sistema donde se labora para dicho estudio.

- **Análisis de Datos.**

Arias citado en Tamayo (2008), manifiesta “Que no basta con recolectar los datos ni cuantificarlos adecuadamente. Una simple colección de datos no constituye una investigación. Es necesario analizarlos, compararlos y presentarlos de manera que realmente lleven a la confirmación o al rechazo de las variables”. (p. 126).

Para analizar las generalidades a los fines de ésta investigación, se ejercieron ciertas pautas de manera que las observaciones, descripciones y análisis tengan un significado sistemático. Para ello, los pasos para el análisis de la información recabada fueron los siguientes: organizar, clasificar y seleccionar la información cualitativa y cuantitativa del sistema de iluminación exterior de la Universidad José Antonio Páez, esto se logra con la ayuda de los instrumentos block de notas y la fundamentación teórica.

- **Técnicas de Análisis.**

Dentro del marco de la investigación para el análisis del problema planteado se llevaron a cabo la implementación de las técnicas de análisis como lo son los cálculos eléctricos, la revisión documental de textos, manuales entre otras, con el fin de estudiar, sintetizar el uso de energía fotovoltaica y garantizar una iluminación óptima y de ahorro energético.

### **Instrumentos de Recolección de Datos.**

Los instrumentos son medios físicos y/o electrónicos por los cuales se recolecta la información, según Sabino (1992), aclara que los instrumentos de recolección de dato, llegan a ser cualquier recurso que disponible para el investigador y mediante la cual se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos la información requerida.

### **3.6 Fases de la Investigación.**

Según Camilo Di Crescenzo (2012) define Fases Metodológicas como aquellas que especifican la formulación practica descriptiva de las acciones o actividades que han de ejecutarse en cada objetivo específico con una finalidad determinada.

**Fase I: Realizar un diagnóstico de la demanda energética actual de la Universidad José Antonio Páez.** Se elaborará un diagnóstico de la situación actual de las luminarias de las áreas exteriores de uso convencional y la demanda energética instalada en la Universidad José Antonio Páez.

**Fase II: Proponer un sistema de iluminación para las áreas exteriores mediante el uso de paneles fotovoltaicos.**

En esta etapa del proyecto se busca proponer un sistema alternativo para la iluminación de todas las áreas exteriores del recinto universitario mediante el uso de paneles fotovoltaicos.

**Fase III: Estudiar el aprovechamiento de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos.**

En la fase III se llevará a cabo el estudio del aprovechamiento de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos, requisitos y beneficios que presenta el uso de energías renovables ya que el desarrollo de este tipo de ahorro de fuentes energéticas se ha convertido en tendencia a nivel mundial.

**Fase IV: Elaborar la ingeniería a detalle de los equipos a instalar correspondiente al sistema fotovoltaico.**

A través de esta fase se especificarán los detalles de la instalación de los equipos y conexiones adecuadas, quedando proyectadas las luminarias

con paneles fotovoltaicos en los planos para la Universidad José Antonio Páez.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

En el presente capítulo, se desarrollan detalladamente los objetivos específicos planteados, iniciando por definir la etapa de recopilación de la información necesaria para el diagnóstico de la demanda energética actual, donde se detallan cada uno de los aspectos a considerar, seguido de una propuesta de un sistema de iluminación para las áreas exteriores mediante el uso de paneles fotovoltaicos para el desarrollo energético y estudio sobre el aprovechamiento de la energía solar. Por último, se presenta la ingeniería a detalle de los equipos a instalar correspondiente al sistema de iluminación de exteriores caso estudio Universidad José Antonio Páez, Municipio San Diego. Estado Carabobo para la implementación de la energía fotovoltaica con el fin de generar energía eléctrica limpia proveniente de la radiación solar. La importancia de este proyecto radica en que los resultados de los mismos proporcionan a la Universidad y a los estudiantes un soporte autonomía que demuestre los beneficios que aporte el uso de este sistema, el cual a su vez permita sustentar las bases de esta tecnología y su aplicación en proyectos futuros.

#### **4.1. Realizar un diagnóstico de la demanda energética actual de la Universidad José Antonio Páez.**

##### **Condición de acceso**

En esta primera fase se realizó una inspección guiada con el personal técnico de la dirección de planta física de la Universidad José Antonio Páez, que es la encargada del funcionamiento y mantenimiento del sistema eléctrico en el recinto, por consiguiente, se efectuó el levantamiento de la información y estudio del sistema de alimentación de las luminarias exteriores existentes.

Como resultado de la recopilación documental se pudo constatar que la

información está desactualizada y dispersa, no existiendo planos que contengan toda la información de la situación actual. Por lo cual se requeriría generar planos actualizados para hacer eficiente el conocimiento, manejo y mantenimiento de los equipos e instalaciones existentes.

Universidad José Antonio Páez está alimentada por el circuito que viene de la Subestación Monte Mayor del circuito Valle Verde, San Diego estado Carabobo. Esta alimentación llega a través de dos acometidas subterránea de media tensión con conductor XLPE de 15kW, desde el circuito de la red existente de CORPOELEC de 13,8kW. Esta acometida llega a un transformador tipo Pad Mounted de 1000kVA con relación de transformación de 480/277V, 60Hz, trifásico de la salida de dicho transformador salen dos derivaciones que llegan pasan a una caseta con dos transformadores secos con relación de transformación de 460/266V. (Ver figura 41) a dos transformadores de 300 kVA y 250 kVA conectados en delta estrella aterrado, 277KV/208/120V. (Ver figura 42)



**Figura 41** – Distribución en media tensión de la UJAP

Fuente: Peña, G, Ynfante, R (2019)



**Figura 42** – Transformadores secos y Pad Mounted

**Fuente:** Peña, G; Ynfante, R (2019)

Todas las áreas de la plazoleta poseen luminarias metal halide de 400 wattios y vapor de sodio de 250 wattios, están distribuidas en las áreas de estacionamiento, perimetrales, alrededor de los edificios 1 y 2 y zonas verdes. (Ver figura 43)



**Figura 43** – Luminarias exteriores de la UJAP

**Fuente:** Peña, G; Ynfante, R (2019)

Hay cuatro grupos de protecciones asociadas al encendido de las luminarias de áreas exteriores.

**Grupos A:** Se ubica en la parte inferior del Edificio 1, cuenta con una alimentación de 160 Amp. Tiene incorporada el encendido de tres torres de 6 reflectores de 1500 wattios de Metal Halide (MH) cada una cuentan con una altura aproximada 35 metros y una distancia entre ellas de 100 metros, asocia las luminarias del área uno (pasillos adyacentes el edificio 2, entrada principal del edificio 1 y la zona verde, estacionamiento de estudiantes, área de canchas provisionales y alumbrado perimetral de la fachada principal).

**Grupo B:** Se ubica en el área de caminaria que comunica el edificio 1, 2 y 3 alimentación 70 Amp, enciende las luminarias del área dos.

**Grupo C:** Está ubicado en la planta baja del edificio 4, tiene una alimentación de 160 Amp, enciende parte de la caminaria de edificio 4 y 5, estacionamiento de profesores

**Grupo D:** Está ubicado en la planta baja, zona de escaleras del edificio 5, tiene una alimentación de 250 MR, realiza el encendido de los reflectores ubicados en la parte superior del edificio del área tres. (Ver figura 44)



Grupo A



Grupo B



Grupo C



Grupo D

**Figura 44** – Grupos de Protecciones (A, B, C y D)

**Fuente:** Peña, G; Ynfante, R (2019)

### **Otra fuente de abastecimiento de energía eléctrica**

A nivel mundial se habla del ahorro energético y Venezuela no escapa de este ahorro por el déficit de generación eléctrica nacional entre otras, por tal motivo la universidad se vio obligada a adquirir una planta de generación eléctrica de 175 kVA (Ver figura 45), puesta en marcha desde hace aproximadamente diez años, actualmente en funcionamiento y un grupo electrógeno de 2500 kVA aún por instalar, con el propósito de cubrir los requerimientos energéticos de equipos, tales como laboratorios, comunicación, acondicionamiento de áreas para ventilación e iluminación, pero sin priorizar en las cargas prioritarias, donde este componente eléctrico consume combustible Diésel y lubricante, todo esto para mejorar las condiciones de trabajo y cumplir con las funciones asignadas (Ver 46 figura ).



**Figura 45 – Generador eléctrico**

**Fuente:** Peña, G; Ynfante, R (2019)



**Figura 46** – Grupo de Electrógeno

**Fuente:** Peña, G; Ynfante, R (2019)

**Las características de los equipos son las siguientes:**

**Generador Eléctrico:**

<b>�tem</b>	<b>Descripción</b>
Capacidad	175 KVA
Ciclos	60 Hz
Marca del generador	N/D
Observación	Operativo

**Tabla 2:** Características de la Planta Eléctrica.

**Fuente:** Peña, G; Ynfante, R (2019)

El área donde se encuentra el generador eléctrico, corresponde a una base de concreto al aire libre posee ventilación sin ningún inconveniente, dicho equipo genera una gran cantidad de gases en el momento de su funcionamiento, de igual forma produce vibraciones representativas en el área adyacente, estas vibraciones pueden afectar la estructura, generando posibles rastros de fisuras en las superficies de las paredes y molestias a la comunidad estudiantil. En una de las laterales está ubicado el tanque de gasoil con una capacidad de 2000 litros.

**Generador del Grupo de Electrónico:**

Ítem	Descripción
Capacidad	2500 KVA
Ciclos	60 Hz
Marca del generador	N/D
Observación	Sin instalar

**Tabla 3** – Características del Grupo Electrónico.

**Fuente:** Peña, G; Ynfante, R (2019)

El área donde se encuentra el grupo electrónico en la actualidad, corresponde a una construcción de paredes de bloque de concreto y piso de concreto, posee ventilación en las cuatro paredes. Externamente, en una de las laterales está ubicado el tanque de gasoil con una capacidad de 20.000 litros.

En cuanto a comportamiento, durante su funcionamiento, se estima que las vibraciones ocasionadas por este generador son elevadas causando afectaciones a las edificaciones, y se establece que las emisiones hacia la atmósfera provienen directamente de la combustión del Diésel.

## **Impactos ambientales de la producción y distribución de la energía eléctrica.**

La energía eléctrica pasa por numerosas fases antes de llegar a su uso final, en las que se contemplan acometen actividades con un potencial impacto sobre el entorno. Desde hace varios años en Venezuela, se ha iniciado una batalla con servicio eléctrico nacional ya que se han presentado grades falla en el sistema, esto ha conllevado a la sociedad a implementar sistemas alternativos de abastecimiento eléctrico para enfrentar la situación. La universidad José Antonio Páez actualmente posee dos plantas generadoras, una que abastece parcialmente y la segunda aun no es puesta en funcionamiento.

Para realizar un análisis ambiental por el uso de las fuentes de generación, es necesario consultar la guía práctica para el cálculo estimado de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo de energía instalada. Para calcular las emisiones asociadas, se aplicó un factor de emisión de CO<sub>2</sub> atribuible al suministro eléctrico también conocido como mix eléctrico (g de CO<sub>2</sub>/kWh) que representa las emisiones asociadas a la generación eléctrica. Los Factores de conversión para transformar las unidades de masa o volumen en unidades de energía, según el tipo de combustible, que representan el valor calorífico de los combustibles, se tiene que para el caso del gasoil (Litros) corresponde a 11,78 kWh/kg de gasoil, siendo el factor de emisión 2,79 kg CO<sub>2</sub>/l de gasoil.

En base a la información suministrada por parte del personal de planta física, la planta eléctrica ubicada en el edificio 1, consume aproximadamente 20 litros de combustible y un litro de aceite por día, operando el equipo 12 horas diarias.

Parámetro	Valor
Consumo de gasoil (día )	20 litros
Consumo energético (Anual)	7300 litros
Emisiones de CO2 (1825 l/año x 2,79 kg/l)	20.4 Ton de CO2/año
Emisiones de NOx (kg)	266,73 kg

**Tabla 4** – Consumo de combustión por la planta eléctrica y emisiones generadas.

**Fuente:** Peña, G; Ynfante, R (2019)

Entre aquellos impactos que tienen consecuencias a escala global sobre el planeta y aquellos impactos que dejan huellas sobre su entorno más inmediato, condicionado de forma más directa la vida de los ciudadanos.

Parámetro	Valor
Consumo de gasoil (día )	60 litros
Consumo energético (Anual)	21900 litros
Emisiones de CO2 (2500 l/año x 2,79 kg/l)	61.1 Ton de CO2/año
Emisiones de NOx (kg)	875 kg

**Tabla 5** – Consumo del grupo de Electrógeno y Emisiones Generadas

**Fuente:** Peña, G; Ynfante, R (2019)

### **Estudio de la conexión del sistema de energía instalado actualmente**

En la inspección se realizó un estudio completo del sistema de alimentación de las luminarias exteriores de la universidad en la cual se logró obtener resultados pertinentes y necesarios para el proyecto de investigación.

Para analizar la situación energética, se realizó un estudio de cargas, y también se levantó un inventario de todas las luminarias exteriores existentes en cada área del recinto universitario, para conocer la demanda eléctrica instalada kVA y el consumo horario, expresado en kW/hora/día. Se utilizó un formato diseñado en una hoja de cálculo en Excel, donde se especificó lo siguiente:

$$kW/H = \frac{P H}{1000} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

P: Potencia de las luminarias (W)

H: Horas de uso.

Área	Descripción	Cantidad de luminarias	Potencia (w)	Potencia total (w)	Horas uso (día )	Lapso de tiempo	Energía (W/h)	Energía (kW/h-día)
Luminarias de la fachada principal de la universidad	Postes convencionales tipo látigo	8	250	2000	12	6 pm – 6 am	24000	24
	Postes con 2 reflectores	16	400	6400	12	6 pm - 6 am	76800	76,8
Plaza, frente al edificio 1 y estacionamiento de profesores (zona verde 1)	Postes tipo farol de 1 foco	5	250	1250	12	6 pm - 6 am	15000	15
Estacionamiento de estudiantes, perimetral del cerramiento, torre 1	Postes convencionales tipo látigo	15	250	3750	12	6 pm – 6 am	45000	45
	Postes con reflectores 1 y 2 reflectores	3	400	1200	12	6 pm – 6 am	14400	14,4
	Torres de 6 reflectores c/u	6	1500	9000	12	6 pm – 6 am	108000	108
Estacionamiento de profesores y caminaria lateral izquierda del edificio 4	Reflector	1	400	400	12	6 pm – 6 am	4800	4,8
Estacionamiento de estudiantes	Torres de 6 reflectores c/u	12	1500	18000	12	6 pm – 6 am	216000	216
Zona verde 2 ( uno de los reflectores alumbrará parte de estacionamiento utilizado como canchas provisionales caminaria)	Postes uno con 2 reflectores y uno triple	5	400	2000	12	6 pm – 6 am	24000	24
Zona verde 3 y caminaria adyacentes	Postes de lámparas tipo globo	5	250	1250	12	6 pm – 6 am	15000	15
Zona verde 4 y caminarias adyacentes	Postes de lámparas tipo globo	4	250	1000	12	6 pm – 6 am	12000	12
Edificio 2 ,reflectores la parte superior	Reflector	4	400	1600	12	6 pm – 6 am	19200	19,2

Caminarías entre edificio 1 y 2 (se ubica el generador de 175 kVA y transformador es 1000, 300, 250 kVA,	Postes de lámparas tipo globo	5	250	1250	12	6 pm – 6 am	15000	15
Zona verde 7, y 8 caminarías entre edificio 1 y edificio 3	Postes con 2 reflectores	4	400	1600	12	6 pm – 6 am	19200	19,2
	Reflector	1	400	400	12	6 pm – 6 am	4800	4,8
	Postes de lámparas tipo globo	2	250	500	12	6 pm - 6 am	6000	6
Zona verde 11, edificio anexo ( futuro cafetín )	Postes tipo farol de doble foco	10	250	2500	12	6 pm – 6 am	30000	30
Zona verde 11 y 12 caminarías entre el edificio 4 y 5	Postes de lámparas tipo globo	8	250	2000	12	6 pm – 6 am	24000	24
	Reflector	5	400	2000	12	6 pm – 6 am	24000	24
<b>Totales</b>		<b>119</b>		<b>58100</b>	<b>Totales</b>		<b>697200</b>	<b>697,2</b>

**Tabla 6 - Consumo en kW/h de las Luminarias Existentes**

**Fuente:** Peña, G; Ynfante, R (2019)

Para estimar las potencias requeridas, se tomaron los datos de las luminarias que se utilizan en el alumbrado a estudiar. El tiempo de operación de las cargas va depender del tiempo de uso que se les dé a las luminarias; en este caso será de 12 horas al día, desde las 6 pm hasta las 6 am.

A continuación, se presenta el cálculo del estudio de carga instalada.

$$S (kVA) = \frac{P}{1000 \cdot 0,85} \quad \text{Ec.6}$$

P: Potencia de las luminarias (W)

fP: Factor de potencia (0,85)

Área	Descripción	Cantidad de luminarias	Potencia (w)	Potencia total (w)	Tensión (V)	Corriente (A)	kVA
Luminarias de la fachada principal de la universidad	Postes convencionales tipo látigo	8	250	2000	220	9,09	1,70
	Postes con 2 reflectores	16	400	6400	220	29,09	5,44
Plaza, frente al edificio 1 y estacionamiento de profesores (zona verde 1)	Postes tipo farol de 1 foco	5	250	1250	220	5,68	1,06
Estacionamiento de estudiantes, perimetral del cerramiento, torre 1	Postes convencionales tipo látigo	15	250	3750	220	17,05	3,19
	Postes con reflectores 1 y 2 reflectores	3	400	1200	220	5,45	1,02
	Torres de 6 reflectores c/u	6	1500	9000	220	40,91	7,65
Estacionamiento de profesores y caminaria lateral izquierda del edificio 4	Reflector	1	400	400	220	1,82	0,34
Estacionamiento de estudiantes	Torres de 6 reflectores c/u	12	1500	18000	220	81,82	15,30
Zona verde 2 ( uno de los reflectores alumbrar parte de estacionamiento utilizado como canchas provisionales caminaria)	Postes uno con 2 reflectores y uno triple	5	400	2000	220	9,09	1,70
Zona verde 3 y caminaria adyacentes	Postes de lámparas tipo globo	5	250	1250	220	5,68	1,06
Zona verde 4 y caminarias adyacentes	Postes de lámparas tipo globo	4	250	1000	220	4,55	0,85
Edificio 2 ,reflectores la parte superior	Reflector	4	400	1600	220	7,27	1,36
Caminarias entre edificio 1 y 2 (se ubica el generador de 175 kVA y	Postes de lámparas tipo globo	5	250	1250	220	5,68	1,06

transformadores 1000, 300, 250 kVA,							
Zona verde 7, y 8 caminarías entre edificio 1 y edificio 3	Postes con 2 reflectores	4	400	1600	220	7,27	1,36
	Reflector	1	400	400	220	1,82	0,34
	Postes de lámparas tipo globo	2	250	500	220	2,27	0,43
Zona verde 11, edificio anexo ( futuro cafetín )	Postes tipo farol de doble foco	10	250	2500	220	11,36	2,13
Zona verde 11 y 12 caminarías entre el edificio 4 y 5	Postes de lámparas tipo globo	8	250	2000	220	9,09	1,70
	Reflector	5	400	2000	220	9,09	1,70
<b>Totales</b>		<b>119</b>		<b>58100</b>	<b>TOTAL kVA</b>		<b>49,385</b>

**Tabla 7** - Cálculo de la demanda instalada en kVA.

**Fuente:** Peña, G y Ynfante, R (2019)

Con esta información se realizaron los cálculos matemáticos para su posterior análisis. Fue necesario realizar cálculos de la demanda eléctrica proyectada, dado que existen otras áreas en el campus que estén en construcción a futuro, ese consumo se incorporara a la demanda eléctrica actual. En la tabla 4 se puede observar que el consumo en kW/h diario generó un valor 697,2 kW/h, y el cálculo de la demanda instalada arrojó 49,385kVA, este valor está asociado al transformador de 250kVA y el factor de utilización del mismo seria en luminarias 19,75% de la capacidad total del transformador.

Para la elaboración de los cálculos de diseño para la propuesta, se tomaron todos los datos climatológicos, incluida la nubosidad, precipitación, velocidad y dirección del viento y flujo solar vienen de MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA y la empresa Weather Spark que utiliza la metodología de que en cada hora entre 8:00 y 21:00 del día en el período de análisis (1980 a 2016), se calculan las puntuaciones independientes de temperatura percibida, nubosidad y precipitación total. Esas puntuaciones se

combinan en una sola puntuación compuesta por hora, que luego se agregan por día y se promedian todos los años del periodo de análisis y se suavizan.

La puntuación de nubosidad es 10 cuando el cielo está despejado y baja linealmente a 9 cuando el cielo está mayormente despejado y a 1 cuando el cielo está totalmente nublado.

La puntuación de precipitación, que se basa en la precipitación de tres horas centrada en la hora en cuestión, es 10 si no hay precipitación y baja linealmente a 9 si hay vestigios de precipitación y a 0 si hay 1 milímetro o más de precipitación.

Por lo antes expuesto se puede justificar que la zona de San Diego es óptima para la instalación y puesta en marcha del sistema fotovoltaico con paneles solares, para la Universidad José Antonio Páez.

#### **4.2 Proponer un sistema de iluminación para las áreas exteriores mediante el uso de paneles fotovoltaicos.**

La instalación de los sistemas eco eficientes consiste en el establecimiento de las energías renovables, la descripción de estos sistemas o instalaciones pueden llevar a conseguir la máxima eficiencia, el menor consumo y la reducción de emisiones o la eliminación en su totalidad, sobre todo en aquellos edificios existentes que, durante muchos años se han construido sin ningún criterio de sostenibilidad.

La energía solar fotovoltaica tiene como aplicación principal la generación de energía eléctrica a partir de la energía del sol empleando para ello unos paneles con elementos semiconductores, generalmente células de silicio monocristalino, esta instalación se compone de un receptor, un regulador, unas baterías de almacenamiento y un inversor. Existen dos tipos de diseño, una que almacenan la energía en baterías para autoconsumo (aislado) y otra los sistemas híbridos que son sistemas conectados a la red eléctrica.

Basándose en el estudio de cargas calculado en la fase I arrojó una demanda de 49,385kVA, se toma este valor como referencia para la fase del diseño. Las

comparaciones entre los lúmenes de las luminarias que se alimentan con la red del sistema eléctrico nacional, y los lúmenes de las luminarias tipo Leds fotovoltaica energizadas a través de los paneles solares.

A continuación, se muestran los siguientes equipos:

### **Lámpara solar para alumbrado público**

Luminaria solar integrada de 60w LED ideal para iluminación de estacionamientos, fachada principal, vías de acceso o calles, parques y plazas etc. Posee batería de litio, panel solar y LED de alta eficiencia incorporado, además incorpora un sensor de movimiento capaz de adaptar la iluminación en caso de ausencia o presencia de movimiento. Es completamente autónoma no requiere instalación a la red eléctrica convencional, ni cableado, de fácil instalación, es resistente a la lluvia, radiación ultravioleta y a condiciones meteorológicas adversas, resistente al impacto con índice de protección IP65 y mínimo mantenimiento.

A continuación, se muestra las especificaciones técnicas del equipo.

Especificaciones Técnicas Modelo DUL-1039BN			
Luminosidad	6900, 115 lúmenes por watt	Dimensiones de lámpara	640*250*70 mm
Fuente de alimentación	Solar (Con batería integrada y panel solar)	Material de fabricación	Plástico
Potencia del Leds	60 W	Tipo de Batería	3.2V/15000 mA LFP litio
Potencia del panel solar	6V-15V	Tiempo de operación de la batería	40 horas
A prueba de lluvia	SI - IP65	Ajuste de intensidad de brillo	Sensor de movimiento
Chip SMS	2835 1 watt por chip.	Conmutación automática día/noche	Si
Tipo de controlador	Solar MPPT	Altura Máxima Recomendada	8 mts
Temperatura de Color	6.500 K	Tamaño del anclaje	2" pulgadas
Vida útil estimada de Leds	1500 días	Modelo	DUL-1039BN

**Figura 47** – Ficha Técnica Modelo DUL-1039BN

**Fuente:** <https://www.duraled4life.com/>



**Figura 48** – Lámpara solar con batería recargable incluida y sensor de movimiento

**Fuente:** <https://www.duraled4life.com/>

## Lámpara reflector LED solar

Luminaria tipo reflector sustentada por medio de energía solar, diseñado para iluminar de forma constante durante la noche, utilizando una batería integrada recargada en horas del día. Su tecnología ALS2.0 aumenta el rendimiento de la batería, permitiendo su operación inclusive en días nublados o lluviosos en un periodo de tiempo de 6 a 8 días continuos, además la intensidad de brillo puede ser ajustada. Esta lámpara no requiere de conexión al servicio eléctrico y es de fácil instalación.

A continuación, se muestra ficha técnica del equipo

Especificaciones Técnicas Modelo LX930100W			
Luminosidad	10000 lúmenes por watt	Eficacia Lumínica	110lm/W
Fuente de alimentación	Solar (Con batería integrada y panel solar)	Material de fabricación	Aluminio
Potencia del Leds	100 W	Batería de Litio	Lithium-Ion 11.1V 16AH
Potencia del panel solar	15V 32W	Tiempo de Carga	6 – 8 horas
A prueba de lluvia	SI - IP65	Tiempo de Descarga	10-12 horas
Chip Leds	Bridgelux 45mil LED 6000K	Conmutación automática día/noche	Si
Valor energético	+A..	Medidas del Reflector	25 x 28 x 9 cm
Temperatura de Color	Blanco Frio 6000k	Medidas del Panel Solar	50 x 35 x 5 cm
Vida útil estimada de Leds	50000 Hrs	Ahorro	85% de energía.

**Figura 49** – Ficha técnica del Reflector Solar Modelo LX930100W

**Fuente:** <http://conwy.info/luminarias-led-para-alumbrado-publico-con-panel-solar/>



**Figura 50** – Reflector solar Modelo LX930100W

**Fuente:** <http://conwy.info/luminarias-led-para-alumbrado-publico-con-panel-solar/>

Esta innovadora tecnología ofrece una forma conveniente y sostenible de iluminar espacios con energía solar, pues que no se requiere punto eléctrico.

#### **4.3 Estudiar el aprovechamiento de la energía solar mediante paneles fotovoltaico.**

Es importante hacer un minucioso estudio climatológico ya que de esto depende que los paneles solares puedan trabajar a su mayor capacidad.

Hoy en día, están evolucionando estas tecnologías, basándose en estudios más precisos, con un muy bajo porcentaje de error, mayor autonomía y mejores costos de instalación y adquisición de equipos.

Hoy en día el sector energético está viviendo una revolución impulsada por la introducción de nuevas tecnologías, lo que está cambiando desde las formas de generación hasta del consumo. En este contexto, ayesa está participando en un proyecto financiado por la UE para el desarrollo de sistemas fotovoltaicos de gran calidad denominado suoper PV, busca mejor el ciclo de vida de las plantas fotovoltaicas e impulsar la competitividad.

El presupuesto de este consorcio internacional en el que intervienen un total de 26 partners asciende a los 11.6 millones de euros.

El proyecto que arranco hace un año, contempla diferentes paquetes de trabajo, uno de ellos se centrara en diseñar un modelo BIM (Building Information Modelling) específico para plantas fotovoltaicas (PIM, Photo Voltaic Information Modelling). Concretamente, esta herramienta permitirá la visualización del proyecto en 3D y un trabajo colaborativo, multidisciplinar y más eficiente.

En el diseño y realización de una instalación fotovoltaica es fundamental la coordinación entre las diferentes figuras involucradas (cliente, diseñador, instalador, etc.). Es por lo tanto considerar el proceso de diseño y realización como unitario, solución que se puede obtener fácilmente mediante el uso de la tecnología BIM.

Los modelos obtenidos se pueden utilizar para cálculos, simulaciones, análisis e informes, permitiendo el control y los cambios en curso. Todos los participantes en el proceso de diseño y actualizaciones realizadas por los otros miembros del equipo.

En el modelo BIM es posible identificar la superficie en donde instalar el campo fotovoltaico, la superficie útil requerida para la instalación de los módulos fotovoltaicos se obtendrá del objeto seleccionado, con el reconocimiento automático de la orientación y la inclinación.

Automáticamente el asistente de diseño que comienza a guiar en la elección de los campos fotovoltaicos diseñados.

Identificar el inversor con la compatibilidad eléctrica correcta, usar el mismo enfoque para posicionar el cuadro eléctrico,

#### **4.4 Elaborar la ingeniería de detalles de equipos a instalar.**

En esta fase se plantearon alternativas con diferentes equipos de iluminación de exteriores con paneles fotovoltaicos para la ingeniería de detalles y se detalló por etapas.

**Etapa A:** Se dimensionó el sistema fotovoltaico con la luminaria actual (ver anexo A). El sistema de iluminación está ubicado en las áreas exteriores del recinto universitario, por consiguiente, se efectuó el levantamiento de la información y estudio del sistema de alimentación de las luminarias de la Universidad José Antonio Páez. Consta de 53 postes y 3 torres de luz y en el tablero A poseen 84 luminarias de 250W, 400W y 1500W, el tablero B tiene instalada 12 luminarias de 250W, el tablero C tiene instaladas 18 luminarias 250W y el tablero D posee 5 luminarias de 250W para una cantidad total de 119 luminarias. El sistema de dimensionado fotovoltaico se calculó por los lúmenes existentes y se instala las nuevas con el mismo criterio de diseño.

**Etapa B:** Se dimensionará el sistema fotovoltaico para la cantidad de luminarias en la etapa A se mantendrá los postes y las torres, en las torres se reemplazarán el consumo de 400watts por luminarias LED de 100 watts. En la caminaria se reemplazarán los metales halide de 250W por luminarias LED de 60 watts. El sistema del dimensionado fotovoltaico se dividirá lúmenes para la selección de las luminarias a instalar

**Etapa C:** Se calculará la diferencia de consumo entre la luminaria actual para la cual se hicieron los cálculos en la etapa A y la luminaria LED utilizada en la etapa B.

Las luminarias tipo fotovoltaica con batería y panel solar poseen lúmenes de acuerdo a los wattios de cada una, a continuación, se muestran cuadros comparativos.

Tipo de Luminaria	Watts	Lúmenes	Tipo de Sistema
LED MODELO DUL-1039BN	60	6900	<b>Propuesta</b>
LED MODELO LX930100W	100	10000	
SODIO LÁTIGO	250	8000	<b>Sistema existente</b>
METAL HALIDE	400	16000	
METAL HALIDE	1500	60000	

**Tabla 8** – Comparación de Lúmenes por Sistema

**Fuente:** Peña, G, Ynfante, R (2019)

En la tabla 8 se colocó dos modelos de luminarias con paneles solares y el alcance en lúmenes de reflexión, por lo antes expuesto se calculó por capacidad de demanda actual contra la demanda de las nuevas luminarias a instalar. En la tabla 9 se resume la comparación y cálculos para cubrir la demanda existente en el recinto universitario y cumplir con la propuesta.

$$Lums = \#Lum \text{ vatios } lums(lum) \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

Lums: Lúmenes de las luminarias - #luminarias: cantidad de lámparas instaladas

Lums lum: Lúmenes de la lámpara

Tablero de Alimentación	Área	Descripción	# Postes	# Luminarias	Potencia (w) Actual	Potencia total (w) Actual	Lúmenes Actuales	# Luminarias propuestas	Potencia (w) Propuesta	Potencia total (w) Propuesta	Lúmenes Propuesta
Grupo A	Luminarias de la fachada principal de la universidad	Postes convencionales tipo látigo	8	8	250	2000	64000	16	60	960	110400
		Postes con 2 reflectores	8	16	400	6400	256000	16	60	960	110400
	Plaza, frente al edificio 1 y estacionamiento de profesores (zona verde 1)	Postes tipo farol de 1 foco	5	5	250	1250	40000	5	60	300	34500
	Estacionamiento de estudiantes, perimetral del cerramiento	Postes convencionales tipo látigo	15	15	250	3750	120000	15	60	900	103500
		Torres	3	18	1500	2700	144000	12	100	1200	120000
		Postes con reflectores 1 y 2 reflectores	1	3	400	1200	48000	2	100	200	20000
	Estacionamiento de profesores y caminaría lateral izquierda del edificio 4	Reflector	1	1	400	400	16000	4	100	400	40000
	Zona verde 2 ( uno de los reflectores alumbraba parte de estacionamiento utilizado como canchas provisionales caminaría	Postes uno con 2 reflectores y uno triple	2	5	400	2000	40000	2	60	120	13800
	Zona verde 3 y caminaría adyacentes	Postes de lámparas tipo globo	6	5	250	1250	40000	0	0	0	0
	Zona verde 4 y caminarías adyacentes	Postes de lámparas tipo globo	4	4	250	1000	32000	1	100	100	10000
Edificio 2 ,reflectores la parte superior	Reflector	4	4	400	1600	32000	4	100	400	40000	
Grupo B	Caminarías entre edificio 1 y 2 (se ubica el generador de 175 kVA y transformadores 1000, 300, 250 kVA,	Postes de lámparas tipo globo	5	5	250	1250	40000	3	60	180	20700
		Postes con 2 reflectores	2	4	400	1600	32000	2	100	200	20000
	Zona verde 7, y 8 caminarías entre edificio 1 y edificio 3	Reflector	1	1	400	400	8000	2	60	120	13800
		Postes de lámparas tipo globo	2	2	250	500	16000	2	60	120	13800
Grupo C	Zona verde 11, edificio anexo ( futuro cafetín )	Postes tipo farol de doble foco	5	10	250	2500	80000	5	60	300	34500
	Zona verde 11 y 12 caminarías entre el edificio 4 y 5	Postes de lámparas tipo globo	8	8	250	2000	64000	8	60	480	55200
Grupo D		Reflector	5	5	400	2000	40000	5	100	500	50000
<b>Totales</b>			<b>44</b>	<b>119</b>		<b>58100</b>		<b>104</b>	<b>5260</b>	<b>7440</b>	

**Tabla 9 – Cálculo de los requerimientos para cubrir la demanda de la propuesta**

**Fuente:** Peña, G y Ynfante, R (2019)

En la tabla 9 se reflejó la cantidad de lámparas o luminarias instaladas en el recinto universitario, se puede apreciar que la propuesta de las luminarias fotovoltaicas aporta un 40% menos de lúmenes con respecto a las existentes. Por lo antes expuesto se instalará la cantidad de luminarias tipo led fotovoltaica necesaria para cubrir la demanda instalada en el recinto universitario.

En el tablero A actualmente tiene instalado un total de 57 postes con 84 luminarias de 250w, 400w y 1500w, la propuesta consideró unas luminarias fotovoltaicas de 60w y 100w, lo que daría como cantidad de luminarias a instalar de 77 y para cubrir la demanda y lúmenes suficientes.

El tablero B tiene instalado 10 postes con 12 luminarias de 250w y 400w, para el diseño de la propuesta el cálculo generó un total de 9 luminarias tipo led fotovoltaica con paneles solares de 60w y 100w.

El tablero C tiene instalado 13 postes con 18 luminarias de 250w y 400w, para el diseño de la propuesta el cálculo generó un total de 13 luminarias tipo led fotovoltaica con paneles solares de 60w y 100w.

El tablero D tiene instalado 5 reflectores de 400w, para el diseño de la propuesta el cálculo generó un total de 5 luminarias tipo led de 100w fotovoltaica con paneles solares. En el anexo B se muestra la distribución eléctrica de las luminarias existentes alimentadas con la red CORPOELEC, y en el anexo C muestra la distribución con la propuesta a instalar luminarias con sistema fotovoltaico con paneles solares.

Se realizó un estudio comparativo del sistema existente con el propuesto observando así una gran diferencia; viendo que la mejor alternativa de consumo es la planteada en las siguientes tablas se puede apreciar dicha diferencia.

<b>Cantidad de Luminarias</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Potencia Total (W)</b>	<b>Hora /Día</b>	<b>Wh/día</b>
62	250	15.500	12	186.000
39	400	15.600	12	187.200
18	1.500	27.000	12	324.000
<b>Consumo Total (Wh/d)</b>				<b>697.200</b>
			<b>kWh/año</b>	<b>254.478</b>

**Tabla 10** – Consumo energético anual del sistema iluminación externa convencional

**Fuente:** Peña, G; Ynfante, R (2019)

<b>Cantidad de Luminarias</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Potencia Total (W)</b>	<b>Hora /Día</b>	<b>Wh/día</b>
80	60	4.440	12	53.280
39	100	3.000	12	36.000
<b>Consumo Total (Wh/d)</b>				<b>89.280</b>
			<b>kWh/año</b>	<b>32.587,2</b>

**Tabla 11** – Consumo energético anual del sistema iluminación externa fotoeléctrica

**Fuente:** Peña, G, Ynfante, R (2019)

La diferencia que existe entre el consumo que tiene la iluminación exterior actual en comparación con la propuesta, donde se observó que la utilización de las luminarias LED en la UJAP se ahorraría 221.890,8 kW/año, que sería un 87.19% del consumo actual. Analizando este número tenemos que el ahorro de esta energía es importante para generación de electricidad, debido a que la mayor

generación se realiza a través de combustibles fósiles, impactando de manera agresiva contra el ambiente al depender de los recursos no renovables.

### **Análisis costo-beneficio**

Una explicación significativa para la ejecución y culminación de un proyecto es conocer y establecer la relación financiera del costo y el benéfico que se adquiere con él. Seguidamente se desarrolla el análisis costo-beneficio para el proyecto propuesto primeramente con una descripción de los costos iniciales asociados al costo de los materiales, equipos y mano de obra aptos para la puesta en marcha del proyecto, como también los beneficios tangibles e intangibles.

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario Bs.</b>	<b>Precio Total Bs.</b>	<b>Precio Unitario \$</b>	<b>Precio Total \$</b>
1	Suministro de Lámpara Solar Duraled ModeloDUL-1039BN	PZA	74	Bs.S2.256.000,00	Bs.S166.944.000,00	\$ 94,00	\$6.956,00
2	Suministro Reflector Solar LedsLitex Modelo LX930100W	PZA	30	Bs.S5.280.000,00	Bs.S158.400.000,00	\$ 220,00	\$6.600,00
3	Pintura de Aluminio para recubrimiento de postes contra los rayos UV	GALON	20	Bs.S1.496.000,00	Bs.S29.920.000,00	\$ 68,00	\$1.360,00
<b>Precio Total de los equipos y materiales del sistema</b>				<b>Bs.S</b>	<b>Bs.S355.264.000,00</b>	<b>\$</b>	<b>\$14.916,00</b>

**Tabla 12** – Costo de los Equipos y Materiales

**Fuente:** Peña, G, Ynfante, R (2019)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario Bs.	Precio Total Bs.	Precio Unitario \$	Precio Total \$
1	Instalación de las luminarias	PZA	104	Bs.S220.000,00	Bs.S22.880.000,00	\$10,00	\$1.040,00
2	Trabajo de pintura para poste	ML	400	Bs.S66.000,00	Bs.S26.400.000,00	\$3,00	\$1.200,00
<b>Precio Total mano de obra</b>				<b>BsS</b>	<b>Bs.S</b> <b>49.280.000,00</b>	<b>\$</b>	<b>\$2.240,00</b>

**Tabla 13** – Costo estimado de Mano de Obra

**Fuente:** Peña, G, Ynfante, R (2019)

Como se puede apreciar en los Tablas 6 y 7 se describe los cuales son los materiales necesarios para la realización de esta propuesta para que funcione de una manera óptima, y el costo de la mano de obra para cada uno de los especialistas en cada área respectivamente.

Para que una propuesta sea factible, la relación entre el beneficio y el costo debe ser mayor a uno. Para ello debemos hacer:

$$\text{Razón } \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} \quad \text{Ec. 8}$$

En la siguiente tabla se aprecia las condiciones que pueden hallarse entre el costo y el beneficio.

Relación	Decisión
Beneficio/Costo > 1	Proyecto aceptado
Beneficio/Costo = 1	Es indiferente
Beneficio/Costo < 1	Proyecto rechazado

**Tabla 14** – Interpretación de la relación de costo beneficio del proyecto.

**Fuente:** Ing. Marta Peñaloza

El siguiente paso sería hacer una comparación entre los que son los costos y los beneficios que puedan generar la ejecución del proyecto, esto se describe en la siguiente tabla:

Descripción	Costo (Bs.S)	Beneficio (Bs.S)	Costo (\$)	Beneficio (\$)
Costo de los Equipos y Materiales	Bs.S355.264.000,00	Bs.S355.264.000,00	\$14.916,00	\$15.230,00
Costo estimado de Mano de Obra	Bs.S 49.280.000,00		\$2.240,00	
<b>Total</b>	<b>Bs.S 404.544.000,00</b>	<b>Bs.S355.264.000,00</b>	<b>\$17.156,00</b>	<b>\$15.230,00</b>

**Tabla 15** – Relación de Costo Beneficio de la Propuesta

**Fuente:** Peña, G, Ynfante, R (2019)

Luego se puede conseguir finalmente la razón costo beneficio de la propuesta:

$$\text{Razón Costo/Beneficio} = \frac{(404.544.000,00)}{(355.264.000,00)}$$

Razón Costo/Beneficio=1,14

El beneficio mensual viene dado por:

$$\text{Beneficio Mensual} = \frac{\text{Costo}}{12 \text{ meses}} \quad \text{Ec. 9}$$

$$\text{Beneficio Mensual} = \frac{404.544.000,00}{12 \text{ meses}}$$

Beneficio mensual=33.712.000,00 Bs

$$\text{Beneficio Mensual} = \frac{17.156,00}{12 \text{ meses}}$$

Beneficio mensual=1.429,67 \$

Del resultado emanado, se puede certificar que el plan propuesto resulta factible.

### **Periodo de Devolución**

Este describe al tiempo preciso para obtener el retorno de la inversión de capital que se realizó para la ejecución de la propuesta. Este periodo viene dado por la relación de beneficios entre los costos, multiplicado por doce meses.

$$\text{Periodo de devolución} = \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio mensual}} \cdot 12 \text{ meses} \quad \text{Ec. 10}$$

$$\text{Periodo de devolución} = \frac{404.544.000,00}{33.712.000,00} \cdot 12$$

$$\text{Periodo de devolución} = \frac{17.156,00}{1.426,67} \cdot 12$$

Periodo de devolución=144 meses.

### **Beneficios tangibles**

Ahora bien, luego de haber estimado la relación de costo beneficio en donde se puede notar la posibilidad y rentabilidad de la inversión para el plan propuesto, es importante resaltar los beneficios tangibles de esta propuesta, y es que luego de la ejecución de la misma; esta podrá aumentar sus divisas por entregas a tiempo, mejorar su matrícula estudiantil porque su visión está basada en poseer buenas y eficientes instalaciones las cuales le abrirán nuevos campos para la proyección de futuras ampliaciones, y queda en evidencia que la UJAP con la ejecución de dicho proyecto disminuiría los gastos por consumo de la red eléctrica nacional y estaría colaborando con el ahorro energético.

En Venezuela los costos por cargo de servicio eléctrico son los más bajo de América, aunado a esto los kVA por demanda eléctrica instalada a nivel empresarial se compararon con los costos internacionales, a continuación, se muestra un cuadro comparativo:

Mes /Año	Demanda actual			Demanda propuesta	
	Consumo Kwh/mes	Valor kWh \$	Total \$	Consumo Kwh/mes	Total \$
Enero	21.613,20	\$ 0,12	\$2.593,58	2.827,20	\$339,26
Febrero	19.521,60	\$ 0,13	\$2.537,81	2.553,60	\$331,97
Marzo	21.613,20	\$ 0,15	\$3.241,98	2.827,20	\$424,08
Abril	20.916,00	\$ 0,17	\$3.555,72	2.736,00	\$465,12
Mayo	21.613,20	\$ 0,20	\$4.322,64	2.827,20	\$565,44
Junio	20.916,00	\$ 0,22	\$4.601,52	2.736,00	\$601,92
Julio	21.613,20	\$ 0,25	\$5.403,30	2.827,20	\$706,80
Agosto	21.613,20	\$ 0,28	\$6.051,70	2.827,20	\$791,62
Septiembre	20.916,00	\$ 0,30	\$6.274,80	2.827,20	\$848,16
Octubre	21.613,20	\$ 0,33	\$7.132,36	2.827,20	\$932,98
Noviembre	20.916,00	\$ 0,35	\$7.320,60	2.736,00	\$957,60
Diciembre	21.613,20	\$ 0,37	\$7.996,88	2.827,20	\$1.046,06
<b>Gasto Total Anual</b>			<b>\$61.032,89</b>		<b>\$ 8.011,01</b>

**Tabla 16** – Costos de la Demanda Energética

Fuente: Peña, G, Ynfante, R (2019)

### **Beneficios intangibles**

Estos beneficios son los que no se pueden cuantificar estos están representados en el bienestar estudiantil y toda la comunidad en general de la Universidad José Antonio Páez, porque con las mejoras en sistema alternativo fotovoltaico; los gases de CO2 no tendrán repercusión con el ambiente ni con la colectividad, A diferencia de la planta eléctrica o grupo de electrógeno, si alguno de estos es puesto en funcionamiento, aparte de las emisiones de gases corre el riesgo de fallar; Lo contrario del sistema basado en paneles fotovoltaicos, aun en días nublados podrá abastecer la demanda eléctrica.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

A continuación, se presentan las conclusiones basadas en los resultados obtenidos de las fases de investigación.

1. La iluminación LED está siendo utilizada en gran parte del país, esta tecnología a pesar de ser muy costosa es una de las mejores soluciones que hoy en día se presenta para disminuir el consumo en kW, viéndose reflejado un beneficio en el costo anual del pago de la electricidad.
2. Entre las ventajas que presenta la instalación de paneles solares está, que es autosustentable y da autonomía, el cual hace que la Universidad José Antonio Páez se independice de la red convencional produciendo su propia energía durante un lapso aproximado de 25 años. A esto se le suma la instalación de luminarias LED la cual hacen que este tipo de sistema sea más ahorrador a nivel de consumo y así disminuir la cantidad de componentes que conforman un sistema fotovoltaico.
3. El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos tiene muy bajo costo ya que posee baterías selladas; es decir, libres de mantenimiento, por lo que no necesitan de sustitución sino hasta los 6 años, mientras que los paneles solares son limpiados por la lluvia o residuos. Los otros componentes del sistema como lo son inversores y reguladores son libres de mantenimiento hasta que su vida útil sea cubierta.
4. Una de las principales dificultades para migrar a este sistema es la debacle económica y la desantelación constante en el sistema eléctrico convencional, hace un servicio deprimente y de bajo coste. En cualquier país del mundo los precios de los materiales utilizados para realizar un sistema fotovoltaico son costosos, en Venezuela se presenta la gran desventaja del sistema de adquisición de divisas donde hace que los precios aumenten a un nivel.

desproporcionado, haciendo que el mismo no sea atractivo para el inversionista; la inversión inicial es elevada y el costo de la energía del estado es bajo.

5. En el caso de Estudio las características de las radiaciones solares cumplen las condiciones meteorológicas necesarias para la colocación de un sistema de abastecimiento energético por esta fuente.
6. En este proyecto, ya sea en la sustitución de luminaria actual por la luminaria LED o en la instalación del sistema fotovoltaico, se cuenta con parte de la infraestructura como los postes, que facilita en instalación y adquisición de equipos, por ende, baja los precios de inversión inicial. Esto es una ventaja económica y técnica debido a que el costo y el tiempo de instalación disminuyen notablemente.
7. Se considera que este tipo de energías ecológicas y autosustentables no interfieren con la cotidianidad académica del recinto, ya que no genera vibraciones, ruidos, emisiones de gases o interrupciones que pueda interferir con las actividades académicas y administrativas.
8. Tomando en consideración que para los sistemas ecoeficientes de abastecimiento de energía utilizados, en el caso de estudio tienen una vida útil aproximadamente de 25 años, económicamente es muy costoso la instalación del sistema, pero el sistema sería muy efectivo y continuo en comparación con el funcionamiento del sistema eléctrico nacional.
9. En la situación actual de funcionamiento del sistema eléctrico nacional, el sistema de energías alternativas adquiere mayor relevancia el uso de sistemas autónomos para la generación de electricidad, especialmente en instalaciones del sector público y en instalaciones de alto consumo de energía.

## RECOMENDACIONES

Partiendo de las conclusiones anteriormente expuestas, se pudo establecer un conjunto de recomendaciones.

1. Con el transcurrir del tiempo el mundo está siendo más afectado por las contaminaciones. Y la meta del desarrollo sostenible para el 2030 es reducir la dependencia de los combustibles fósiles y las emisiones de CO<sub>2</sub>, por consiguiente, es necesario la inclusión de los recursos naturales renovables en la producción de energía.
2. Se recomienda el uso de paneles solares UP-M315P ya que son los de mayor capacidad de energía, lo que implica menor número de paneles.
3. Se recomienda analizar a través de los enlaces meteorológicos, antes de instaurar un sistema eco-eficiente de abastecimiento de energía Eléctrica.
4. Utilizar este trabajo de grado como base para futuros proyectos de este tipo.
5. Con la falta de inversión y mantenimiento del servicio eléctrico actual a nivel nacional se recomienda el uso de estos sistemas eco-eficientes, sin importar el diagnóstico financiero debido a las consecuencias negativas que implica no contar con la autonomía que dicho sistema brinda.
6. Establecer cargas prioritarias de cada edificio de la Universidad José Antonio Páez
7. Dejar archivo y registros de las modificaciones realizadas en planos, canalizaciones, etc., de manera cronológica.
8. Desarrollar un proyecto para instalar paneles solares en los techos de los edificios de la UJAP, para un mayor aprovechamiento de la energía para mejorar la autonomía energética de esta institución, reducir costos operativos y garantizar la prestación del servicio en forma adecuada y confiable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia chilena de eficiencia energética. (2011) “La eficiencia energética”.
- Albinyanae, J. (2011). Proyecto de suministro Eléctrico para abastecer una escuela Situada en el Municipio Tiana mediante energía eólica. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Arias, F (2006). El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica. (5 ed.) Caracas, Venezuela: EPISTEM
- Ballestrini, Miriam (2006). Como se elabora el proyecto de investigación. Editorial Panapo. Caracas. Venezuela.
- El periódico de la energía. (2014) “La fotovoltaica ya se codea en costes con la nuclear”.
- Fraume Restrepo, N. Diccionario Ambiental. ECOE Ediciones.
- Gormaz González, I. (2007). Técnicas y Procesos en las Instalaciones Singulares en los Edificios. (1a ed.) Madrid. España: Paraninfo S.A
- Harper, E. (2010) Instalaciones Eléctricas Domesticas Convencionales y Solares Fotovoltaicas. D.F, México LIMUSA.
- Méndez Muñiz, J. M, Cuervo García, R., & ECA Instituto de Tecnología y Formación S.A.U. Energías solar fotovoltaica (2 Edición ed.) Confental.
- Moro Villana, M. (2010). Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Madrid. España: Paraninfo S.A.
- Oswaldo A. Penissi F, Canalizaciones Eléctricas Residenciales, Novena Edición.

Pérez Gabarda, Luis (1994). “Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano”

Tamayo y Tamayo M. (2001). El Proceso de Investigación Científica. México: Editorial Limusa.

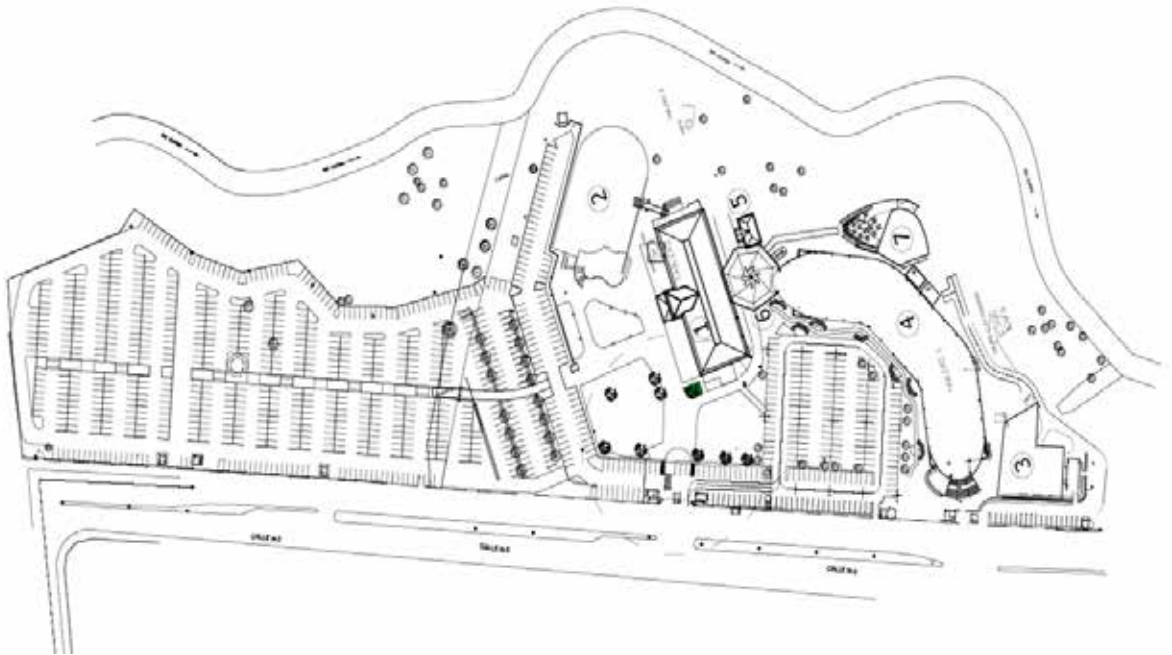
Universidad José Antonio Páez (UJAP) (2007), Manual de Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Vicerrectorado de Investigación y Postgrado (2011). Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Caracas: FEDUPEL.Politécnica de Catalunya.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

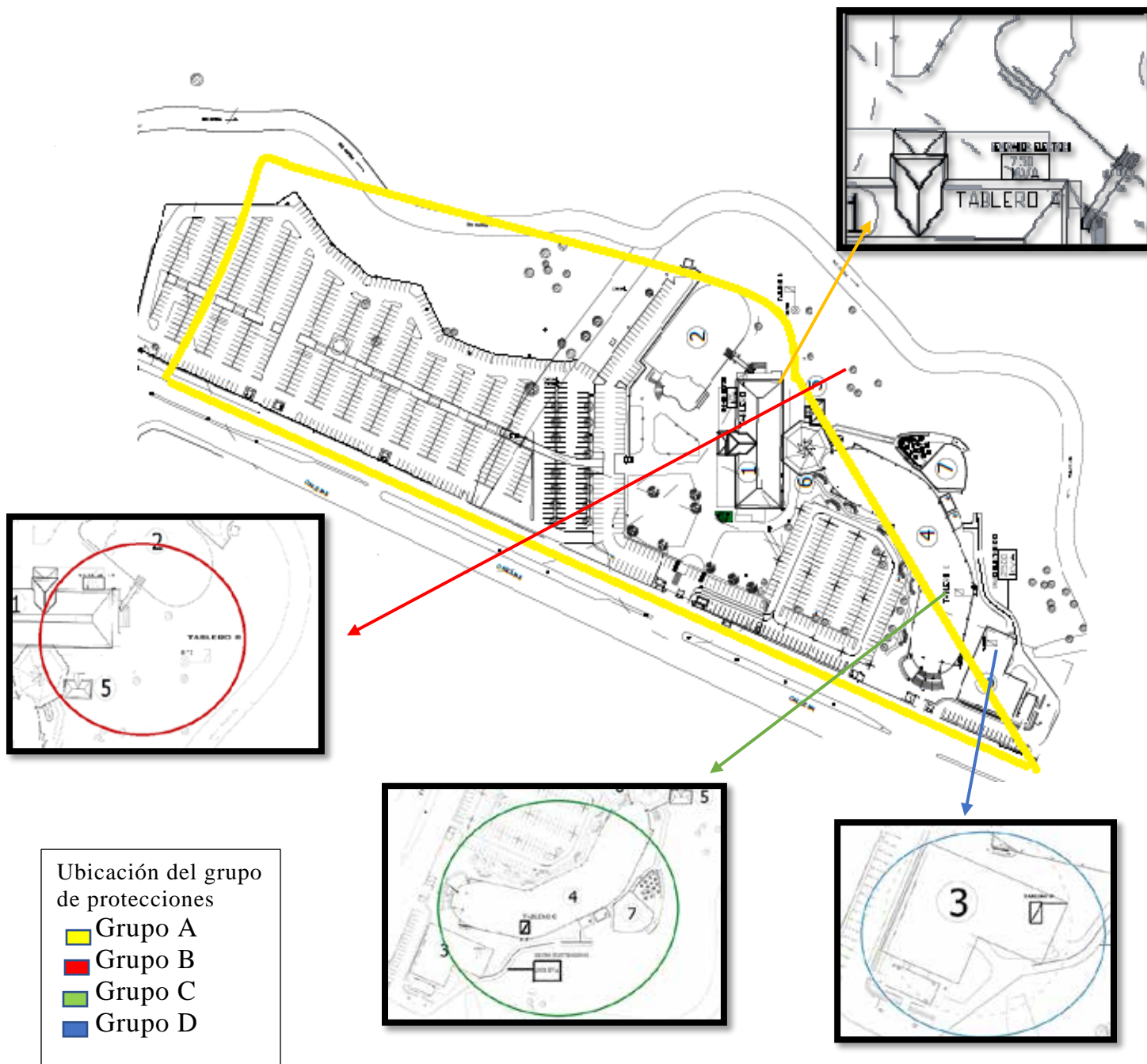
### PLANO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ



#### CAMPUS UJAP

1	EDIFICIO DE RECTORADO, AULAS Y LABORATORIOS
2	EDIFICIO DE SERVICIOS ESTUDIANTILES, AREAS DE COMIDA, AUDITORIO Y ESCUELA DE ARQUITECTURA
3	LABORATORIOS DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA Y DIRECCION DE PLANTA FISICA
4	MODULO 1: LABORATORIOS DE INGENIERIA, CLINICAS Y LABORATORIOS ODONTOLOGICOS MODULO 2: AULAS MODULO 3: AREAS ADMINISTRATIVAS, SALONES DE USOS MULTIPLES Y SALA DE CONFERENCIA
5	DEPOSITOS
6	PLAZA CUBIERTA HEPTAGONAL
7	EDIFICIO ANEXO AULAS

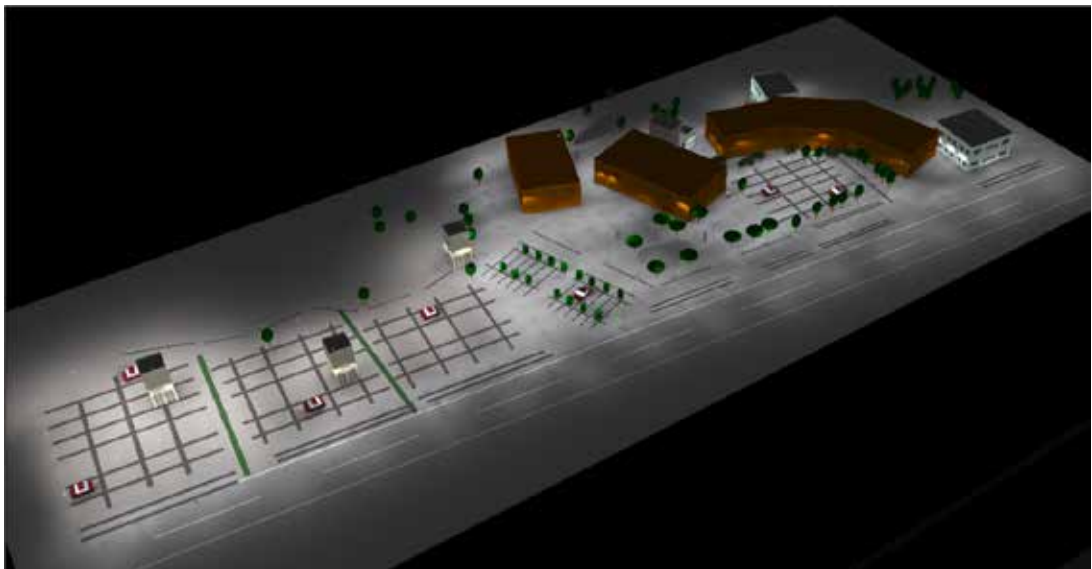
**ANEXO B**  
**UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS TABLEROS DE LAS**  
**LUMINARIAS EXISTENTES**



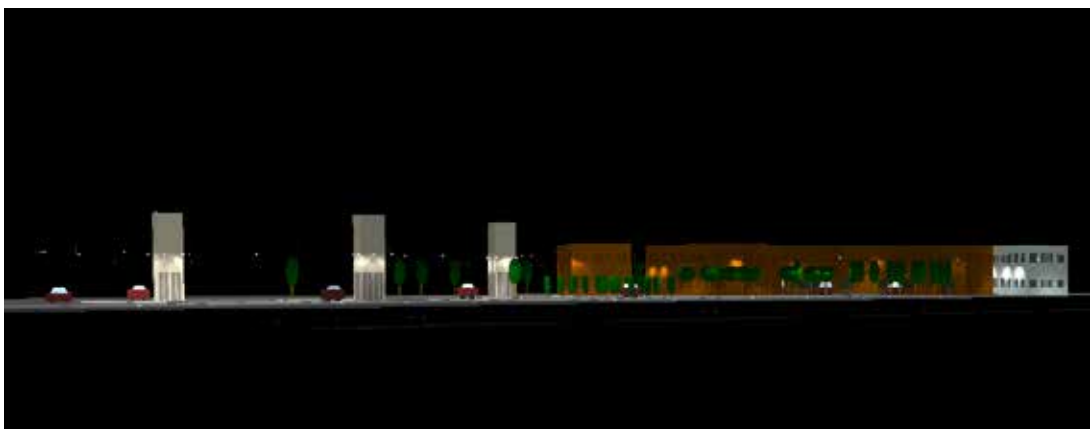
**ANEXO C**

**VISTAS DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ DE LA ILUMINACIÓN PROPUESTA DE LAS LÁMPARAS CON PANELES SOLARES.**

Vista 1



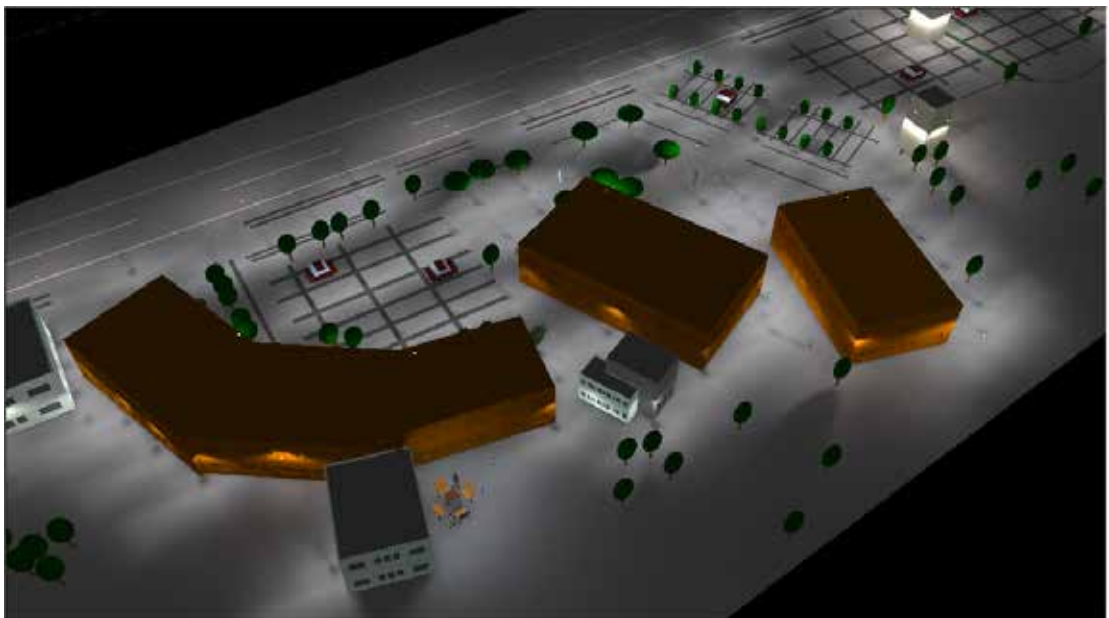
Vista 2



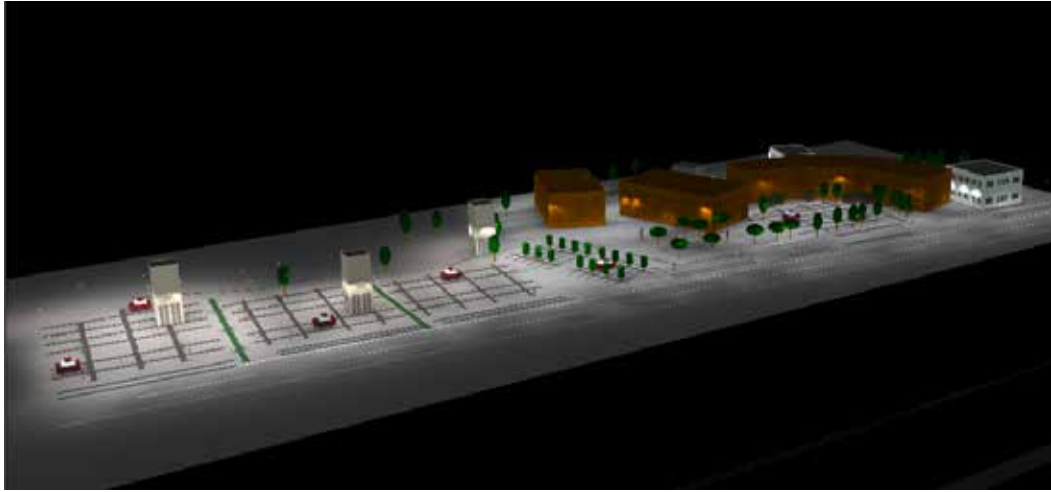
Vista 3



Vista 4



Vista 5



Vista 6

