

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE ANDENES PEATONALES INTEGRADOS CON
CELDAS FOTOVOLTAICAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LOS HOGARES**

**MAIDA NILAYDI COMBITA BOSIGA
YULI MARCELA PERALTA GUAQUETA**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2017**

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE ANDENES PEATONALES INTEGRADOS CON
CELDAS FOTOVOLTAICAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LOS HOGARES**

**MAIDA NILAYDI COMBITA BOSIGA
YULI MARCELA PERALTA GUAQUETA**

**Trabajo De Grado Para Optar Al Título De
Ingenieras Civiles**

**Directora
Ing. Paula Andrea Villegas González
Magister en Hidrosistemas**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2017**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Esto es un resumen legible por humanos del [Texto Legal \(la licencia completa\)](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

Ing. PAULA ANDREA VILLEGAS GONZÁLEZ
Directora de Proyecto

Ing.
Asesor de Proyecto

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del jurado

Fecha: 20 de Noviembre de 2017.

CONTENIDO

RESUMEN	12
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	14
1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1 Descripción del problema	18
1.2.2 Formulación del problema.	19
1.3 OBJETIVOS.....	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos	20
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	20
1.4.1 Alcances	20
1.4.2 Limitaciones.....	20
1.8 METODOLOGÍA.....	20
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1 Potencial de la energía solar en el medio ambiente urbano tropical	21
2.2 Utilización y función de los edificios solares.....	22
2.3 La selección del mejor panel solar para el sistema fotovoltaico. Diseño utilizando AHP	23
2.4 Energía solar	24
2.5. Tipo de tecnologías provenientes del sol	24
2.6. Irradiación.....	25
2.7. Celdas fotovoltaicas.....	26
2.8. IMPLEMENTACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN ANDENES PEATONALES.....	31
2.8.1 Identificación de puntos	31
2.8.2 Implementación de andenes.....	32
2.8.3 Celdas fotovoltaicas en andenes peatonales	32
3. MARCO CONCEPTUAL	34
4. MARCO LEGAL.....	35
4.1. Normalización vigente para la utilización de panel fotovoltaico en Colombia	35

4.2. Normalización vigente para el plan de expansión de la cobertura de energía del 2013 al 2017.....	37
5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN PANELES SOLARES...	38
5.1 TIPO DE CELDAS SOLARES	38
5.2. FUNCIONAMIENTO PANEL FOTOVOLTAICOS.....	44
6. SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ANDENES	45
6.1 Clases de sistema fotovoltaicos	45
6.1.1 Sistema aislado	45
6.1.2 Sistemas conectados a la red.....	46
6.1.3 Sistema hibrido.....	46
6.2 CONEXIÓN ELÉCTRICA.....	46
6.2.1 Conexión serie.....	46
6.2.2 Conexión de paralelo	47
6.3 COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	47
6.3.1 Controlador de carga	47
6.3.2 Batería para sistemas fotovoltaicos	48
6.3.3 Inversores para sistemas fotovoltaicos	49
7 DIAGNOSTICO DE LAS ZONAS VULNERABLES Y FACTIBLES	51
7.1 DESCRIPCIÓN DE LA CAPACIDAD ENERGÉTICA DE COLOMBIA.....	51
7.2 COBERTURA ENERGÉTICA DE COLOMBIA	53
7.3 CANTIDAD POBLACIONAL DE COLOMBIA.....	55
8. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN ANDENES PEATONALES	56
8.1 UBICACIÓN DEL PROTOTIPO DE CELDAS FOTOVOLTAICAS	57
8.2 COMPONENTES PARA APLICACIÓN DE ANDENES FOTOVOLTAICOS.....	58
8.3 CAPACIDAD DE CARGA DE LOS ANDENES.....	59
8.4 CAPACIDAD DE ENERGÍA SUMINISTRADA A CADA VIVIENDA SEGÚN SU NECESIDAD...	65

9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ESTA IMPLEMENTACIÓN EN LOS ANDENES.	66
10. COSTOS Y BENEFICIOS QUE TRAERÁ DICHA IMPLEMENTACIÓN.....	69
10.2 COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN.	70
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	84

TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. MAPA DE ZONAS NO INTERCONECTADA EN COLOMBIA.....	15
ILUSTRACIÓN 2. MAPA DE RADIACIÓN DE COLOMBIA.	16
ILUSTRACIÓN 3. CONSUMO DE ENERGÍA DEL MUNDO (1850-2100).....	17
ILUSTRACIÓN 4. INVERSIÓN EN PROYECTOS MDL	18
ILUSTRACIÓN 5. DIAGRAMA SOBRE CLASIFICACIÓN DE ENERGÍA.	25
ILUSTRACIÓN 6. DISTRIBUCIÓN DEL ESPECTRO DE LA RADIACIÓN SOLAR.....	26
ILUSTRACIÓN 7. PROCESO DEL SILICIO PARA FORMACIÓN DE CELDAS	27
ILUSTRACIÓN 11. CELDA TÁNDEM.	30
ILUSTRACIÓN 12. CELDA SOLAR ORGÁNICA.....	30
ILUSTRACIÓN 13. CÉLULAS SENSIBILIZADAS POR COLORANTE (DSSC).....	31
ILUSTRACIÓN 16. PROCESO DE MATERIALES DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO.	38
ILUSTRACIÓN 17. PISO CON CELDAS FOTOVOLTAICAS. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
ILUSTRACIÓN 18. BALDOSA CON CELDAS FOTOVOLTAICAS ANTIDESLIZANTE. ¡ERROR!	
MARCADOR NO DEFINIDO.	
ILUSTRACIÓN 19. ESTRUCTURA DE LA BALDOSA CON CELDAS FOTOVOLTAICAS... ¡ERROR!	
MARCADOR NO DEFINIDO.	
ILUSTRACIÓN 20. EFECTO FOTOVOLTAICO.	44
ILUSTRACIÓN 21. CONEXIÓN EN SERIE.....	46
ILUSTRACIÓN 22 CONEXIÓN EN PARALELO.....	47
ILUSTRACIÓN 23. CLASE DE INVERSORES.....	50
ILUSTRACIÓN 24. CAPACIDAD EFECTIVA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	54
ILUSTRACIÓN 25. CANTIDAD POBLACIONAL DE COLOMBIA.....	55
ILUSTRACIÓN 26. UBICACIÓN DE SITIO NUEVO, MAGDALENA.....	57
ILUSTRACIÓN 27 ESTADO ACTUAL DEL ESPACIO PÚBLICO ENTRE CALLE 6 Y CARRERA 4 SITIO NUEVO.....	58
ILUSTRACIÓN 28 ESTADO ACTUAL DEL ESPACIO PÚBLICO ENTRE CALLE 7 Y CARRERA 8 SITIO NUEVO.....	58
ILUSTRACIÓN 29. DIAGRAMA DE ANDENES FOTOVOLTAICOS	59
ILUSTRACIÓN 30. FRANJA DE CIRCULACIÓN PEATONAL (ESQUEMA EDUCATIVO	50
ILUSTRACIÓN 31. CORTE TRANSVERSAL.....	543
ILUSTRACIÓN 32. DETALLE DE CELDA Y VISTA EN PLANTA.....	64
ILUSTRACIÓN 33. CORTE AA.	657
ILUSTRACIÓN 34. CONFORMACIÓN DEL PANEL	587
ILUSTRACIÓN 35. CONFORMACIÓN DEL ANDEN.....	588
ILUSTRACIÓN 36. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	83

TABLAS

TABLA 1. NORMALIZACIÓN PARA PANELES FOTOVOLTAICOS EN COLOMBIA.....	36
TABLA 2. RESUMEN TIPOS DE CELDAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 3. DESCRIPCIÓN DEL SILICIO.....	41
TABLA 4. TIPOS DE CELDAS COMERCIALES EN COLOMBIA.....	42
TABLA 5. SEMICONDUCTORES	44
TABLA 6. ESPECIFICACIONES DE LOS CONTROLADORES DE CARGA.....	48
TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE BATERÍAS.....	48
TABLA 8. ESPECIFICACIONES DE INVERSORES	50
TABLA 9. CAPACIDAD EFECTIVA NETA	52
TABLA 10. ESCENARIOS BASE. NECESIDADES DE EXPANSIÓN EN GENERACIÓN 2024	52
TABLA 11. COBERTURA TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	56
TABLA 1. CAPACIDAD DE RESISTENCIA DEL ADOQUÍN.....	67
TABLA 2. ESPESORES DE BASE Y SUBBASE.....	68
TABLA 14. COMPONENTES Y COSTOS.....	70
TABLA 15. ACTIVIDADES A REALIZAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	71
TABLA 16. APU EXCAVACION MANUAL.....	72
TABLA 17. APU RELLENO EN ARENA.....	73
TABLA 18. APU BASE DE MATERIAL GRANULAR.....	74
TABLA 19. APU PANEL SOLAR.....	75
TABLA 20. APU ADOQUÍN DE CEMENTO.....	76
TABLA 21. VALOR TOTAL DEL ANDÉN.....	77
TABLA 22. MATRIZ DOFA.....	80

GLOSARIO

CARGA ELÉCTRICA: constituyen una corriente eléctrica pasan de un punto que tiene mayor potencial eléctrico a otro que tiene un potencial inferior. Para mantener permanentemente esa diferencia de potencial, llamada también voltaje o tensión entre los extremos de un conductor, se necesita un dispositivo llamado generador (pilas, baterías, dínamos, alternadores) que tome las cargas que llegan a un extremo y las impulse hasta el otro. El flujo de cargas eléctricas por un conductor constituye una corriente eléctrica.

CIRCUITOS: un circuito eléctrico es un conjunto de elementos, como celdas cables y otros componentes eléctricos, conectados entre sí, por los que puede circular una corriente eléctrica. Cualquier circuito debe permitir el paso de los electrones por los elementos que lo componen.

ENERGÍA: el concepto de energía está relacionado con la capacidad de generar movimiento o lograr la transformación de algo. En el ámbito económico y tecnológico, la energía hace referencia a un recurso natural y los elementos asociados que permiten hacer un uso industrial del mismo.

FOTOVOLTAICO: consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Esta transformación en energía eléctrica se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para la fabricación de paneles fotovoltaicos suele ser el silicio. Cuando la luz del Sol (fotones) incide en una de las caras de la célula solar genera una corriente eléctrica. Esta electricidad generada se puede aprovechar como fuente de energía.

NECESIDAD: es una carencia o escasez de algo que se considera imprescindible. También se utiliza esta palabra para significar obligación. Hace referencia también a una situación difícil que atraviesa alguien.

PANELES: un panel solar es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad. Los paneles tienen una placa receptora y tubos por los que circula líquido adheridos a ésta. El líquido calentado es bombeado hacia un aparato intercambiador de energía donde deja el calor y luego circula de vuelta hacia el panel para ser recalentado.

PANELES FOTOVOLTAICOS: están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas, del griego "fotos" que significa luz. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía luminosa produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

PROTOTIPO: un prototipo es una representación limitada del diseño de un producto que permite a las partes responsables de su creación experimentar, probarlo en situaciones reales y explorar su uso.

RADIACIÓN: es un fenómeno físico debido a la emisión de energía por parte del Sol en forma de radiaciones electromagnéticas. Estas radiaciones pueden ser cuantificadas y se expresan en unidades de irradiación, una unidad que refleja su potencia por unidad de superficie.

VULNERABILIDAD: fragilidad que presenta una comunidad o individuo ante algún evento de origen natural, o actividad humana que exponen o involucran su integridad física.

RESUMEN

En ciertos lugares de Colombia el servicio de energía eléctrica no cumple con los requerimientos básicos para la población, ya sea porque el servicio es intermitente o simplemente no lo prestan. Para dar una posible solución se propone la implementación de nuevas tecnologías eléctricas como lo son las celdas fotovoltaicas. En el desarrollo del proyecto se requirió de la investigación de los tipos de celdas, componentes y métodos de elaboración de las mismas, adicionalmente se buscó información acerca de baterías, inversores, reguladores y la instalación de los sistemas de energía solar al interior de los hogares y los consumos promedios de las bombillas y los electrodomésticos esto con el fin de saber cuál es el sistema más adaptable para los andenes peatonales. Teniendo en cuenta las observaciones anteriores, se determinó que para la implementación de andenes se hará uso de celdas policristalinas, ya que cumplen con la resistencia requerida, su forma de trabajo es óptima y su costo es ajustable.

Por otra parte, de acuerdo a los datos obtenidos al realizar el estudio de población y la calidad de abastecimiento energético, se determinó que el municipio de Sitio Nuevo ubicado en el departamento de Magdalena (Colombia) es el más apto para dicha implementación, de acuerdo a la capacidad de radiación solar que llega en esta zona del país, se busca mejorar un servicio para una comunidad que requiere del recurso que por varias situaciones ambientales, económicas o de accesibilidad se dificulta este servicio. También se observa que la inversión económica para este método constructivo se acerca a los \$ 14.000.000 para un andén con dimensiones de 4,80 mt de largo con 1,20 mt de ancho siendo un costo alto para su valor inicial, pero a su vez es una retribución económica que se verá reflejada en el tiempo recompensando el costo de inversión, contando con que es una forma de captación energética limpia, con tecnología que está siendo cada vez más utilizada por los países más desarrollados como lo son Japón, Alemania entre otros.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace décadas el mundo ha venido enfrentando varias crisis energéticas, debido al agotamiento de reservas de petróleo, el calentamiento global, entre otros factores. Así que para hacerle frente a esta problemática se ha aprovechado el sol como fuente poderosa de energía renovable, limpia y libre de agentes contaminantes que afectan el medio ambiente; teniendo tanto éxito, al punto de pronosticar que para el año 2030 el 75% de la energía mundial y la totalidad de los automóviles serán alimentados por fuentes renovables (López, 2016). Por este motivo, la presente investigación tiene como objetivo proponer la implementación de andenes peatonales integrados con celdas fotovoltaicas en viviendas de estratos 1 y 2, ya que favorece la producción autónoma de energía.

Para este estudio, en primera instancia se revisan varias tesis relacionadas con el tema, obteniendo de información que oriento la búsqueda y cumplimiento de los objetivos propuestos. Después se habla de la energía solar, tiempos de energía solar, irradiación, las distintas clases de celdas fotovoltaicas como lo son: monocristalinas, policristalinas, amorfo orgánicas, entre otra, también se considera las normas legales para el uso de paneles fotovoltaicos, así como el plan de expansión de cobertura energética.

Se investigaron temas en los que ya se hubieran implementado celdas fotovoltaicas en andenes peatonales, especificaciones técnicas de las celdas, funcionamiento, costos, calidad de las mismas y componentes internos como el cilicio, por otra parte, se escogió la zona del país que presenta un alto nivel de radiación solar y más específicamente el municipio de Sitio nuevo, ubicado en el departamento de Magdalena, para realizar la implementación de los andenes, adaptados a el tipo de viviendas y vías presentes en el mismo. A partir de esto dieron especificaciones en cuanto a dimensiones, tipos de materiales y cantidades a usar para la construcción de los andenes y su funcionamiento óptimo.

Finalmente se identificaron los beneficios económicos, ambientales y sociales que la implementación de andenes con celdas fotovoltaicas para generar energía al interior de las viviendas traería al municipio y sus habitantes.

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Según Mateus (2016):” La crisis energética se vio en mayor medida durante los años 2015 y 2016 en el segundo periodo de gobierno del presidente Juan Manuel Santos, provocada por la disminución de capacidad de suministrar energía eléctrica al país debido al fenómeno de El Niño, combinado con la falta de previsión del gobierno colombiano. El fenómeno climático provocó sequías en el territorio colombiano, lo cual afecta los niveles de los embalses generadores de energía hidroeléctrica y termoeléctrica, provocando déficit en la producción de energía de las instalaciones operadas por ISAGEN y Empresas Públicas de Medellín. Sin mencionar las fallas inesperadas de sistemas centrales como Guatapé y Termoflores que significaron para los usuarios un aumento en los costos de energía e incertidumbre frente a la generación de combustibles líquidos (ACIEM, 2016).

En cuanto a Electricaribe S.A. E.S.P, esta empresa cuenta con solo 2.5 millones de usuarios con medidor en el frente de sus casas y negocios, y 12 millones de consumidores entre legales e ilegales, por lo cual, solo comprar energía en bloque a térmicos e hidráulicos en el mercado mayorista y en la bolsa de energía para luego venderla al menudeo a sus usuarios regulados y no regulados no resulta un negocio rentable (De la Ossa, 2017); incluso teniendo en cuenta el aumento en las tarifas de energía a un 1.1% por cambios a los medidores de manera no autorizada por parte de los usuarios, en conformidad a políticas de la comisión de regulación de Energía y Gas (Contreras y Juan, 2016).

Lo anterior muestra la importancia de cambiar los esquemas de abastecimiento de energía. Explica Díaz (2016) que: “En Colombia, cerca del 60% de la energía eléctrica producida depende de la generación de las plantas hidráulicas. Estas plantas, a su vez, dependen de la hidrología, la cual presenta mucha variabilidad. Sin mencionar el poco alcance de las plantas hídricas; como evidencia la ilustración 1, la cual muestra el panorama de las zonas del país que están interconectadas energéticamente y sus deficiencias en cuanto a la cobertura.

ILUSTRACIÓN 1. Mapa de zonas no interconectada en Colombia.



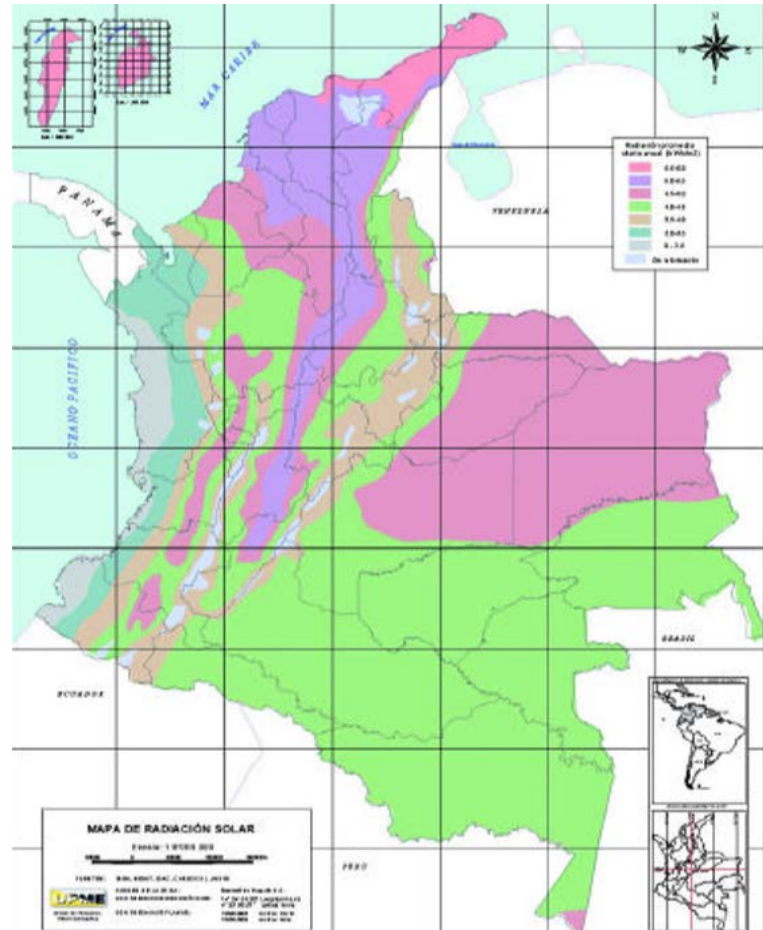
Fuente: Tomado de Instituto de Planificación y promoción de soluciones energeticas para zonas no interconectadas IPSE (2014)

El mapa anterior en la sección blanca indica el sistema interconectado nacional, los elementos que contiene son plantas y equipos de generación, red de interconexión, redes regionales e interregionales de transmisión, redes de distribución, y cargas eléctricas de los usuarios. Sin embargo, en su contraparte, la sección verde señala las zonas no interconectadas (ZNI), equivalente al 52% del territorio nacional. Para Instituto de Planificación y promoción de soluciones energeticas para zonas no interconectadas IPSE (2014) la ZNI se caracteriza por ser: “Zona dispersa, Bajo nivel de consumo promedio. Baja capacidad de pago. Bajo nivel de recaudo. Altos costos de prestación de servicio de energía eléctrica. Alto nivel de pérdidas. Bajo nivel de micro-medición”

Esto quiere decir que para asegurar el suministro de la energía eléctrica es necesario diversificar la matriz energética”. De la Ossa (2017) ratifica que: “La ley 1715 de 2014 eliminó el oligopolio tradicional sobre la generación de energía para la red de servicio público. El nuevo marco jurídico exige a las empresas de servicios públicos de electricidad, interconectar auto generadores de energía solar independientes a sus redes de distribución, lo que le permite la conexión de grandes, medianos y pequeños sistemas FV (Fotovoltaicos) a la red”.

En resumen, dichas empresas deben tener un sistema paralelo a la energía convencional con ayuda de las celdas fotovoltaicas para la prestación del servicio. Fundamentalmente, por el gran potencial solar que tiene un país como Colombia, el cual tiene a favor una exposición de radiación solar uniforme durante el año (Ver ilustración 2)

ILUSTRACIÓN 2. Mapa de radiación de Colombia.

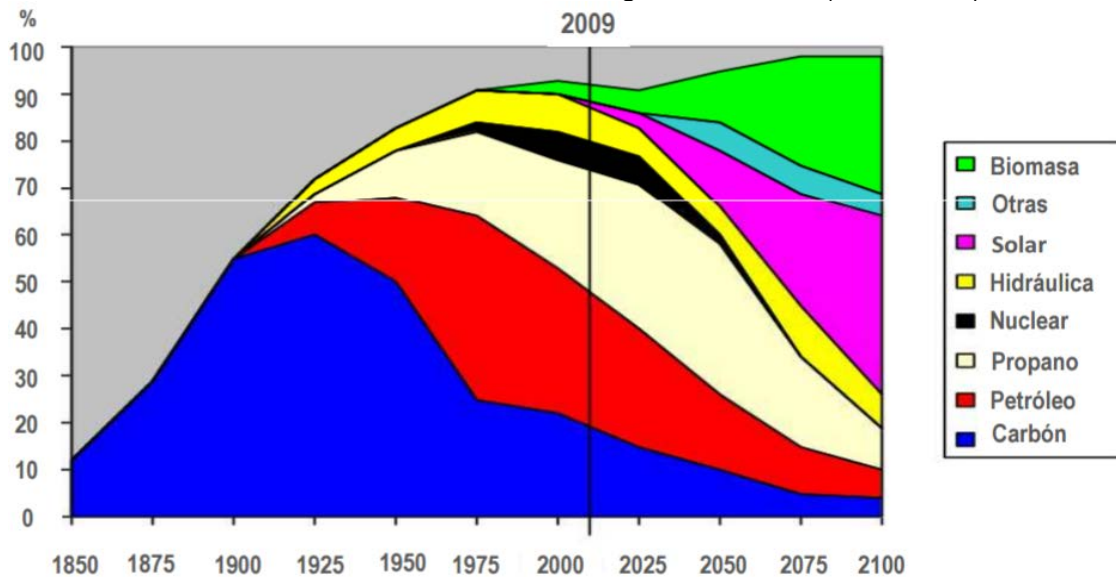


Fuente: Tomado de Unidad de Planeación Minero Energética, UPME(2010)

La ilustración 2 muestra las intensidades de radiación solar que se presentan en Colombia de distintas regiones. Se puede observar la estrecha coincidencia en las altas temperaturas por la radiación solar en zonas costeras y una pésima o no existente prestación del servicio de energía que brindan las empresas por medios convencionales. En relación con lo anterior la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME(2010) explica la exposición a la radiación solar por zonas destacando: “La zona del Magdalena, La Guajira y San Andrés y Providencia la radiación solar está entre 5 y 6 kWh/m²; La zona de los departamentos de Casanare, Arauca, Guainía, Guaviare, Amazonas, Putumayo y Vaupés entre 4 y 5 kWh/m² y la zona costera del Pacífico las menores radiaciones inferiores a 3 kWh/m²”

Además, los pronósticos son muy favorables en cuanto al uso de las energías renovables a nivel mundial y nacional. El patrón de la ilustración 3, indica una notable reducción de la energía proveniente del carbón y petróleo, contrario a la energía solar y biomasa que se prevé para el 2100 tendrán un aumento significativo.

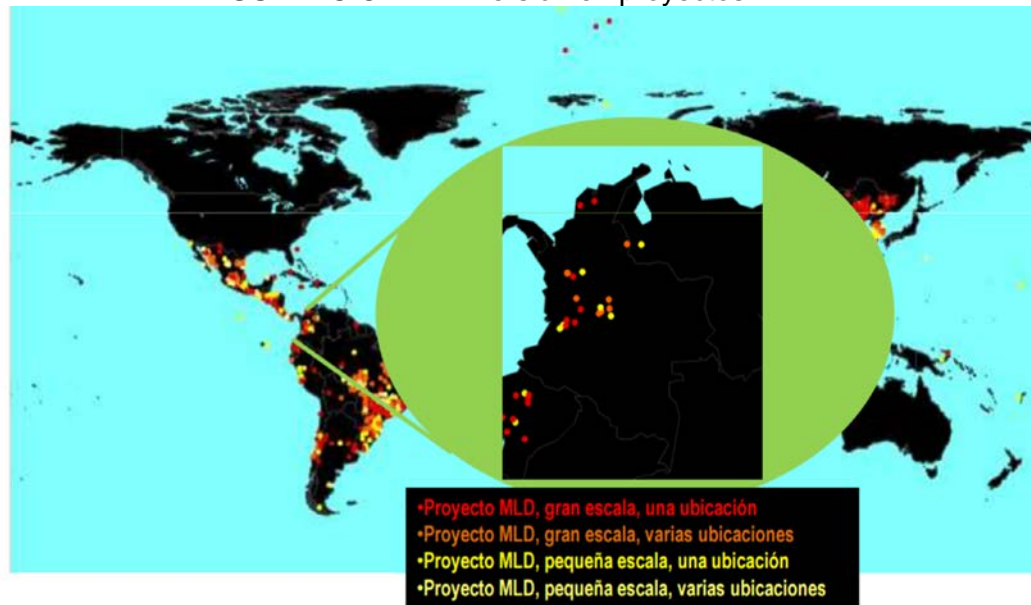
ILUSTRACIÓN 3. Consumo de energía del mundo (1850-2100).



Fuente: Tomado de Fuente: PROEXPORT Colombia (2011)

En cuanto a los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en Colombia su participación es moderada con respecto a otros países como México o Brasil (Ver ilustración 4). No obstante, el IPSE notificó que, por medio de Gestiones Internas de la entidad, giros del Gobierno Nacional, el apoyo de fondos nacionales e internacionales, ha logrado radicar 63 proyectos y aprobar 37 proyectos; resaltando casos de éxito como en: Titumate (Chocó) y su sistema híbrido solar diésel; La Isla Fuerte, Santa Cruz del Islote y Múcura (Bolívar) con los sistemas híbridos solar-diésel; La Macuira y Flamencos (La Guajira) mediante los sistemas fotovoltaicos (Instituto de Planificación y promoción de soluciones energeticas para zonas no interconectadas, 2014).

ILUSTRACIÓN 4. Inversión en proyectos MDL



Fuente: Tomado de Fuente: Tomado de PROEXPORT Colombia (2011)

Y pese a que la energía solar parece ser un gran atractivo a futuro, adquiere sus retos durante la implementación de celdas fotovoltaicas en los techos o fachadas de las construcciones, debido a que generan un mayor peso a las estructuras y por consiguiente se debe contar con una mayor capacidad portante de los suelos o con diseños más robustos para resistir el peso de la estructura; esto incurriendo en costos adicionales que complican la viabilidad de los proyectos.

De lo anterior, surge como una propuesta la investigación del semillero EcoCivil, presentando los beneficios ambientales, económicos, arquitectónicos, entre otros; que se han generado al implementar celdas solares en lugares donde la energía convencional no puede prestar un servicio o simplemente se quieren reducir los impactos ambientales que se han presentado por la utilización de energía soportada con petróleo, carbón mineral, gas natural, electricidad, etc.

1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Descripción del problema

En Colombia existen actualmente distintas formas de producir la energía convencional, tales como la construcción de hidroeléctricas; termoeléctricas, entre otras, pero sin duda alguna estas generan un gran impacto ambiental a los cauces de los ríos, el clima y las temperaturas del país.

Ya que al represar un río y crear una laguna artificial, se cambia profundamente el flujo, la calidad, cantidad y uso del agua, los organismos bióticos y la sedimentación de la cuenca del río. Los proyectos hidroeléctricos para (Ortega y Diez, 2013) tienen las siguientes desventajas: “Construir centrales hidroeléctricas es un proceso largo y caro y que además requiere de grandes redes de cables de alimentación eléctrica. Los embalses también significan la pérdida de grandes áreas de suelo productivo y alteran la fauna derivado de la inundación de su hábitat. También causan una

disminución en el flujo de los ríos y arroyos por debajo de la presa y pueden alterar la calidad de las aguas”.

Para cambiar el flujo del río, aguas abajo y controlar el almacenamiento y la descarga del agua según los ciclos de demanda energética se requiere de construcciones que a menudo impactan ambientalmente desde el momento de su creación ya sea por la excavación, drenaje, dragado embalse hasta el relleno de las mismas(Hernández, 2011).

Por este motivo es necesario plantear una solución a dicha problemática, adoptando las nuevas tecnologías para brindar energía de buena calidad y adicional a ello que beneficie al medio ambiente de manera directa. Tal y como lo hace la energía solar, ya que esta puede no generar contaminación al usarse y el único costo asociado al uso de la energía solar es el de fabricación de los componentes e instalación de los mismos. Por otro lado, es adaptable a las necesidades ya que puede eliminar hasta 18 toneladas de emisiones de gases de invernadero al ambiente cada año, adicional a ello es un sistema silencioso y la mejor forma de proveer electricidad a lugares aislados en todo el mundo, donde el costo de instalar líneas de distribución de electricidad es demasiado alto (Ramos y Ramos, 2016).

Por otro lado, pero no menos importante, se quiere ayudar a familias de estratos 1 y 2 en zonas urbanas que no tengan un fácil acceso a las fuentes de energía convencional, por sus altos costos y que deseen implementar en sus andenes peatonales las celdas fotovoltaicas, para aprovechar la energía obtenida por dichas celdas en el interior de sus viviendas.

En un país como Colombia es muy importante iniciar con urgencia, el remplazo de las fuentes convencionales de energía, para no seguir, como ya se mencionaba anteriormente, ocasionando daños al medio ambiente y adicional a esto para mejorar la calidad de vida de los colombianos a un bajo costo.

1.2.2 Formulación del problema.

En síntesis, las principales problemáticas identificadas se relacionan con el daño ambiental que se hace a las fuentes hídricas debido a las termoeléctricas e hidroeléctricas, ocasionado alteración de los cauces, la sedimentación y el flujo del agua. Adicional a esto la energía por medios convencionales suele ser muy costosa y en algunos casos de baja calidad. Por último, los paneles solares no se recomiendan en los techos de las edificaciones debido a que su peso puede llegar a afectar las estructuras. Es así como surge la pregunta ¿Es posible diseñar paneles fotovoltaicos en andenes peatonales que cumplan con la resistencia requerida al paso de los peatones y a su vez generen energía en los hogares de viviendas estratos 1 y 2 en Colombia?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Proponer una implementación de andenes peatonales integrados con celdas fotovoltaicas para la generación de energía en viviendas de estratos 1 y 2 en Colombia.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir las tecnologías utilizadas para la implementación de andenes solares a nivel mundial.
- Diseñar un sistema que permita implantar celdas fotovoltaicas en los andenes peatonales.
- Establecer las especificaciones técnicas necesarias para esta implementación en los andenes.
- Determinar los costos y beneficios que traerá dicha implementación.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

La finalidad del presente proyecto fue realizar un prototipo para la implementación de andenes peatonales integrados con celdas fotovoltaicas para la generación de energía en los hogares. Se tomó como referencia las investigaciones ya realizadas en distintos países para generar un prototipo basados en la información arrojada por el manual de movilidad. Así como estudios de diferentes entidades entre ellos el IDEAM y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, entre otras organizaciones colombianas que han implementado esta tecnología en distintos ámbitos constructivos. Además de información geográfica que delimitó las zonas de estudio para la implementación teniendo en cuenta la cantidad de radiación solar a la que son expuestas. El prototipo que se propuso es a nivel conceptual y esquemático, dado el tiempo que se tiene para el desarrollo de trabajo de grado.

1.4.2 Limitaciones

Las limitaciones que se han presentado en la actual propuesta recaen en el tiempo y el limitado acceso a la información. Considerando el reducido tiempo para generar el estudio y la restringida información sobre la implementación de las celdas en pasos peatonales y el conocimiento de la funcionalidad de las celdas fotovoltaicas.

1.8 METODOLOGÍA

A continuación, las fases para genera el prototipo de celdas fotovoltaicas en andenes (Ver ilustración 9):

Fase I Identificación de zonas vulnerables: identificar las zonas con mayor vulnerabilidad en el acceso a energía del tipo convencional, ya sea por sus costos o por la calidad en la prestación del servicio en Colombia.

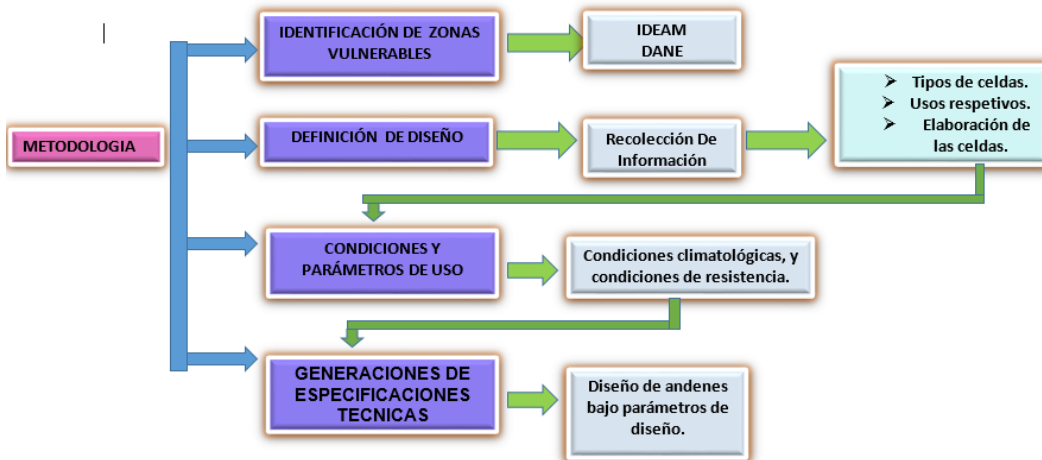
Fase II Definición de implementación: con base en información obtenida previamente proponer los parámetros de implementación para los andenes contemplando este tipo de características.

Fase III Condiciones y parámetros de uso: se definirán los parámetros técnicos y condiciones de uso de las celdas fotovoltaicas que mejor se adapten para ser implementados.

Fase IV Implementación de andenes: realizar la descripción para la implementación de andenes peatonales implementando celdas fotovoltaicas, en remplazo de algunas de sus losetas convencionales que además sean capaces de generar energía en los hogares.

Fase V Generaciones de especificaciones técnicas: generar las especificaciones convenientes, como lo son el tipo de celda a implementar, Implementación de andén, lugares a implementar, tipo de conexiones y capacidades de carga eléctrica.

ILUSTRACIÓN 15. Metodología propuesta para el desarrollo de la investigación.



Fuente:(El autor).

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta una descripción general de los tipos de celdas solares utilizadas para la generación de energía, así como sus métodos constructivos y aplicación dependiendo su uso, capacidad y economía. De acuerdo a los estudios realizados que a continuación se mencionan. Se toman como referencia estudios a nivel nacional e internacional.

2.1 Potencial de la energía solar en el medio ambiente urbano tropical

Se presenta un caso de estudio realizado en Dares Salaam, Tanzania por Kevin Ka-Lun Lau, FredrikLindberg, Erik Johansson, Maria Isabel Rasmussen, SofiaThorsson. En el cual se dio a conocer un método numérico para aprovechar la luz solar que cae sobre los tejados y fachadas de los edificios en las zonas urbanas, ya que en la actualidad dichas zonas no se diseñan para aprovechar este recurso natural cada día con mayor demanda.

La investigación consideró el crecimiento en la urbanización del 1% en África y como consecuencia un aumento del 14% en el consumo de carbón vegetal, aumentando la contaminación. Esta problemática demanda un aumento en la energía, generando mayores daños al medio ambiente. Una posible solución es aprovechar la energía solar con una adecuada implementación en el medio urbano. Usando los modelos de superficie digital de alta resolución y descriptores de morfología urbana, lograron determinar que por causa de los edificios de gran altitud se deja de aprovechar de manera favorable la energía solar, en tres zonas de Dares Salaam, Tanzania.

Teniendo en cuenta la morfología se analizaron áreas de 400m², dejando ver que la gran mayoría de la ciudad está construida de manera informal (sin planeación alguna), lo que ocasiona que se construyan casas de un solo nivel desaprovechando la capacidad del suelo. Después de hacer las pruebas necesarias se logra definir en qué puntos de la ciudad la radiación solar es mayor, y con ello se definen ciertas causas. Una de las razones es que en las zonas que tienen presencia de edificaciones grandes, se presenta mayor presencia de sombra y menor radiación. En contraste se encuentran las zonas de pocas edificaciones altas, que cuentan en su mayoría con construcciones de una o dos plantas. Allí la radiación aumenta considerablemente y disminuye la presencia de sombras, logrando así un mayor aprovechamiento de la energía solar, para ser utilizada (Lau *et al.*, 2017).

Este artículo resulta muy interesante ya que se puede analizar como con una adecuada implementación de las ciudades, en cuanto a las dimensiones de las viviendas y sus espacios, se logra aumentar la capacidad productiva de energía solar fotovoltaica en las zonas urbanas.

2.2 Utilización y función de los edificios solares

Actualmente se está utilizando cada vez más y mejor la energía solar como fuente de energía para los edificios y las casas. En este informe se analiza cómo esta tecnología se utiliza en China, ya que dicho país es muy rico en el recurso de energía; logrando de esta manera mejorar la calidad de vida, incluso en zonas alejadas para lograr que en la época de invierno las casas y edificios tengan calefacción. Existen varias razones por las cuales se utiliza la energía solar, una de ellas es el aprovechamiento al máximo de este recurso natural para dejar de lado en lo posible las fuentes comúnmente usadas. Por otro lado, el diseño de dicho aprovechamiento se debe acoplar a las condiciones del edificio como su uso, el clima, modelos de construcción entre otros. Los edificios deben cumplir con un diseño ambiental para garantizar el máximo la utilización de distintos recursos naturales. La gran desventaja es que este tipo de implementaciones suelen ser complicadas y de gran costo.

Hay dos tipos de edificios solares, el activo y el pasivo. Los activos aprovechan distintas formas de calor para calentar el agua y de esta manera proveer calefacción, y los pasivos hacen referencia a la forma arquitectónica del edificio donde el sol ingresa de manera directa sin ayudas mecánicas. Las estadísticas mostraron que la comodidad de los edificios de China era menor que en los países desarrollados, esto debido a que la gran mayoría de electrodomésticos y aparatos electrónicos deben conectarse a fuentes de energía convencional, que en ocasiones no son de fácil acceso, por esta razón plantearon una ley que contempla que el consumo de energías renovables no sea menor al 10% de la energía total utilizada para el año 2020. Además, se planea la disminución de emisiones de gases efecto invernadero debido a que el 90% del dióxido de azufre y las emisiones de óxido de nitrógeno provienen de la producción y consumo de energía fósil.

En China hay alrededor de 20.000 aldeas y no cuenta con suministro de energía en la totalidad, por esta razón es muy importante implementar el uso de energías renovables para proteger el medio ambiente (Demenkova, Korzhova y Phinenko, 2017).

El concepto de energía solar con receptores pesados y costosos en los techos está quedando atrás debido a que cada vez son más livianos, económicos y se pueden anclar a las paredes o andenes de los edificios con una implementación adecuado que no afecte la fachada ni el tránsito peatonal.

Este artículo es un claro ejemplo de cómo un país puede tener políticas medio ambientales sólidas, basadas en el cumplimiento de metas a un determinado tiempo, por medio de leyes que aportan a la calidad de vida de los habitantes y minimizan los impactos ambientales negativos.

2.3 La selección del mejor panel solar para el sistema fotovoltaico. Diseño utilizando AHP

Los paneles solares se han venido implementando en los últimos tiempos como un método de energía renovable en menores proporciones, con el fin de prestar servicio eléctrico para usos residenciales en complejos o edificios individuales. Los paneles solares tienen la capacidad de generar una eficiencia entre el 12% -18% presentándose en dos tipos diferentes de cristal: policristalino y monocristalino.

La variación de estos dos tipos de generadores radica en su complejidad en cuanto a la fabricación y economía, ya que los paneles monocristalinos son menos eficientes pues están compuestos de un solo cristal, y el policristalino es un poco más caro, pero generalmente más eficiente. El costo entre los dos tipos de paneles también se puede determinar por el tamaño de la presentación de las celdas y la cantidad que conformen el panel solar. La inversión inicial del sistema puede llegar a tener un alto costo, pero entre más eficiente sea, más rentabilidad se verá a largo plazo.

Teniendo en cuenta esos criterios se han creado el método AHP que se compone de un “sistema de evaluación de paneles solares, que incluye los componentes eléctricos, mecánicos, económicos, cliente y medio ambiente” (banşua, 2016). Trabajando en diferentes marcas de paneles solares. Este estudio pretende contribuir a los responsables de la toma de decisiones a seleccionar el mejor cumpliendo con los criterios establecidos, como los factores eléctricos, mecánicos, financieros, ambientales. “Los principales criterios prioritarios se determinan como eléctrico (50,5%), mecánico (23,5%), financiero (13,8%), cliente (7,7%) y medioambientales (4,5%)”.

Como siguiente paso en la fase de evaluación de costos se determinan tres subcriterios: el costo por vatio, el costo total de inversión y apoyo estatal disponible. Los factores ambientales también son considerados a la hora de la fabricación de este sistema teniendo en cuenta los efectos del proceso de fabricación del material. Teniendo en cuenta las prioridades mecánicas globales de los paneles, P6 “es una vez más el mejor panel, que más contribuye al objetivo general de seleccionar el mejor panel solar. Las prioridades financieras de los paneles indican que P4 tiene la mayor prioridad global en términos de consideraciones financieras” (Balo y Şağbanşua, 2016).

Como conclusión a este estudio al momento de evaluar el costo de un panel, las características eléctricas, bien sea policristalino y monocristalino, son el criterio más relevante, seguido por las características mecánicas. Además del desempeño eléctrico, mecánico, financiero, ambiental y de satisfacción del cliente. Todo esto se realiza con el fin de mejorar la adquisición de este tipo de energía, darle un aporte al medio ambiente entre otras grandes ventajas de la adaptación de celdas solares.

Tanto las características físicas como mecánicas de los paneles con celdas fotovoltaicas, suelen ser muy relevantes al momento de elegir uno de ellos para ser usado ya que de esto dependerá la eficiencia en su desempeño y el tipo de almacenaje de carga eléctrica para su posterior distribución y uso. Según lo que él recomienda.

2.4 Energía solar

El sol no solo es fuente de energía renovable y no contaminante, sino que también apoya los procesos naturales como mantener la temperatura, conserva estable el ciclo del agua, generación de precipitaciones por movimiento del aire, fotosíntesis, entre otros. Al ser un reactor de fusión que ha sido quemando más de 4.000 millones de años, proporciona suficiente energía en un minuto suficiente para satisfacer las necesidades energéticas del mundo durante un año. (Bagher *et al.*, 2015).

Según Velázquez, Juárez y Galván (2015): “La potencia solar que genera el sol es de 1.73×10^{14} kW equivalente a una energía de 1.5×10^{18} kWh por año. La energía solar recorre 150 millones de km y además al cruzar la atmósfera, el 53% de la energía solar es reflejada y absorbida por los gases atmosféricos”, lo que muestra su gran potencial al uso. De la misma forma, la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (2014) revela que: “La energía que el sol arroja a la Tierra en un año es cuatro mil veces superior a la que se consume en el planeta y que para el año 2030, dos tercios de la energía consumida por la población mundial podrían originarse por tecnología de energía solar fotovoltaica” Lo anterior será el resultado de las iniciativas internacional con el fin de reemplazar el uso de petróleo como fuente de energía y de esta forma mitigar el impacto ambiental, reducir las emisiones de carbón y el cambio climático mediante el uso de energía limpias y apoyándose en cadenas de valor verde.

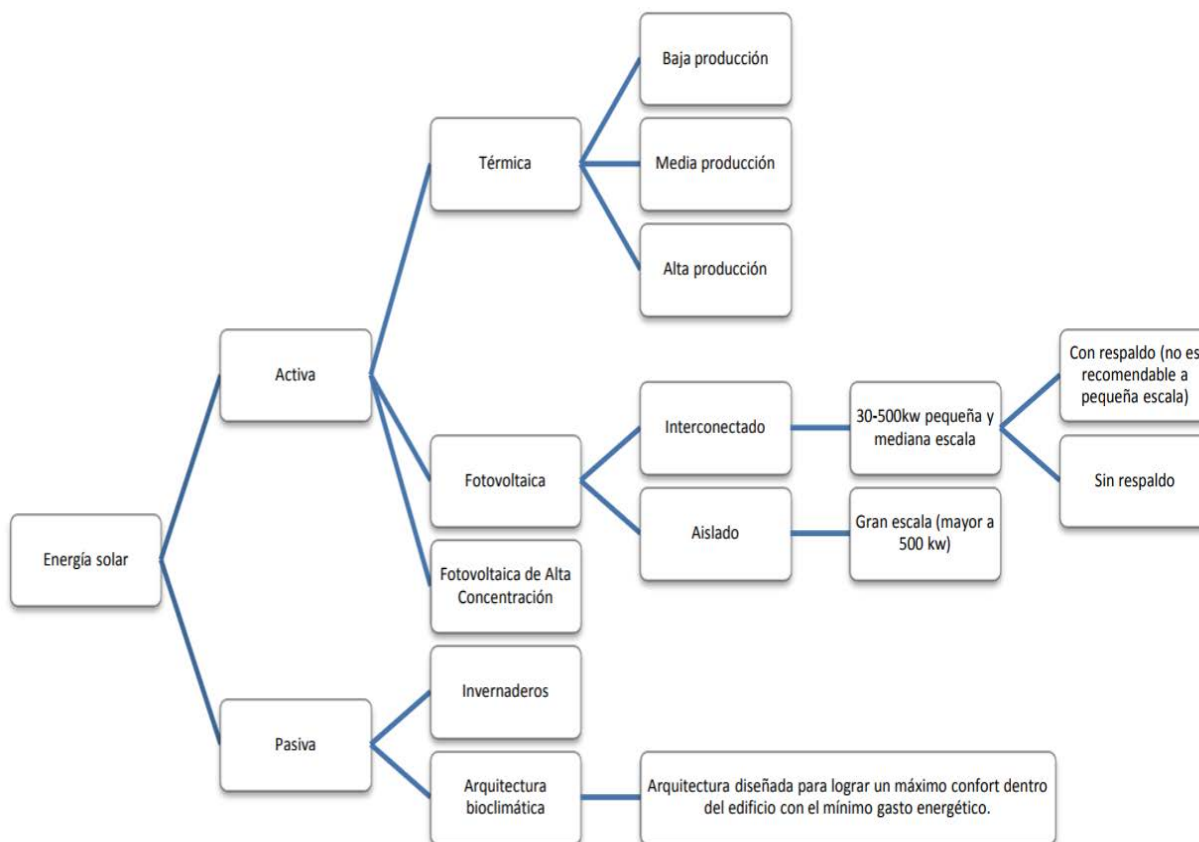
2.5. Tipo de tecnologías provenientes del sol

A continuación, se menciona los distintos tipos de tecnologías provenientes del sol:

- *Energía solar pasiva:* consiste en aprovecha el calor del Sol, pero sin usar mecanismos o sistemas. Normalmente se ve en construcciones de paredes, suelos, ventanas, de tal forma que atrapa y acumular la energía térmica directa.
- *Energía solar térmica:* utiliza el colector solar para calentar algún fluido a baja temperatura normalmente agua. Habitualmente se usa en sanitario, duchas y calefacción.
- Energía solar fotovoltaica: para Pérez (2009) “Se aprovecha la energía lumínica del sol para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar, estos sistemas se llaman Paneles Solares Fotovoltaicos (PFV)”.
- Energía solar termoeléctrica: o llamada central termosolar aprovecha el calor del sol para producir electricidad mediante la instalación industrial, aplicando el ciclo termodinámico convencional, el cual consiste en calentar algún tipo de fluido a alta temperatura (aceite térmico).
- Energía eólico solar: mediante el aire calentado que circular a través de la chimenea. En otras palabras, funciona por el movimiento del aire a ser calentado.
- *Energía solar híbrida:* este sistema mezcla dos tipos de dos tipos de energía, la solar mediante sistema fotovoltaico con la energía alternativa fósil, viento etc. Esto procesos se denomina hibridación y dependiendo con el tipo de energía que se combine será: -Renovable: biomasa, energía eólica. - Fósil.

Las tecnologías mencionadas anteriormente se pueden agrupar en dos características pasivas y activas; siendo la energía solar pasiva la que aprovecha el calor y no transforma este tipo de energía, sino que la usa de forma directa, en cambio la energía solar activa consiste en transformar a energía del Sol en electricidad (Caviedes, 2014). A continuación, en la ilustración 5 se ejemplifica lo mencionado anteriormente.

ILUSTRACIÓN 5. Diagrama sobre clasificación de energía.

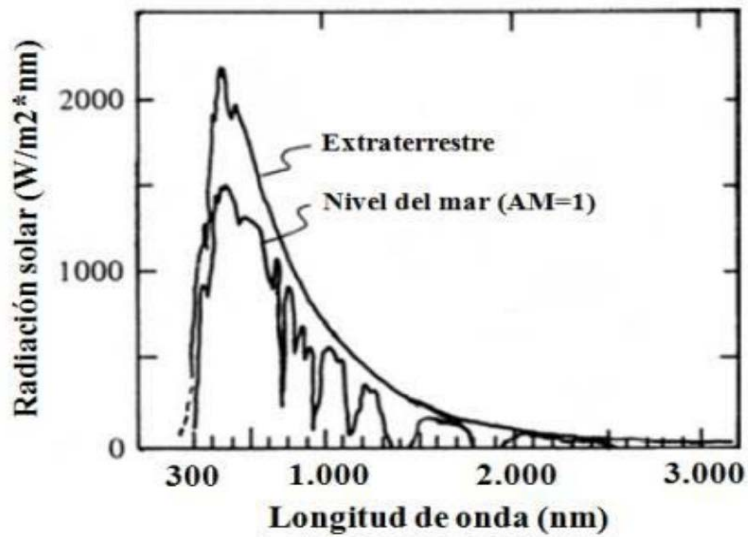


Fuente: Tomado de Caviedes (2014)

2.6. Irradiación

La irradiación, según Pérez (2009): “Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética, la cual se puede percibir en forma de calor o luz tanto visible como no visible, lo cual dependerá de cada longitud de onda en particular”. Así, la energía del Sol llega a la Tierra en forma de radiación aproximadamente con una longitud de 300 y 2500 nm. Como se puede notar en la ilustración 6 se presenta mayor concentración entre 300nm a 1000nm de longitud de onda y alcanzando 1500 hasta 2200 W/m² de radiación solar.

ILUSTRACIÓN 6. Distribución del espectro de la radiación solar



Fuente: Tomado de Martínez (2016)

Según Martínez (2016) “la radiación solar que llega a la superficie de la tierra tiene tres componentes:

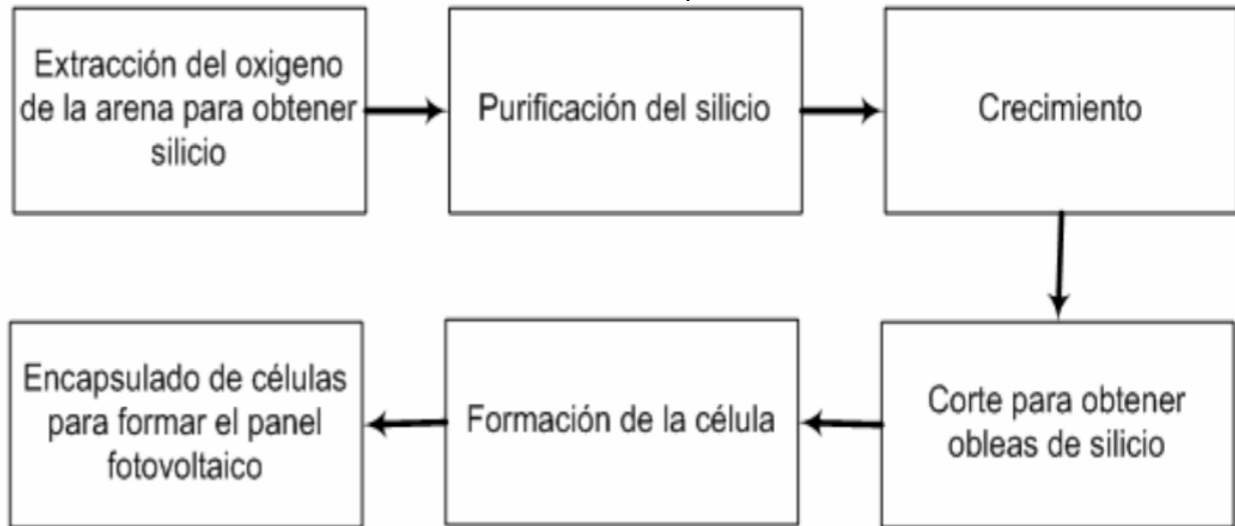
- i) radiación directa: procedente en línea recta desde el Sol,
- ii) radiación difusa: procedente de todas direcciones, salvo del Sol y
- iii) Albedo: radiación reflejada por la superficie terrestre”

2.7. Celdas fotovoltaicas

El primero en observar el efecto fotovoltaico en 1839 fue el físico francés Edmund Becquerel, él notó que un voltaje apareció cuando uno de los dos electrodos idénticos en una conducción débil fue iluminado, pero se conoce que las primeras celdas fotovoltaicas que se fabricaron fueron hechas en 1953 a base de silicio monocristalino (Solar Energy Research Institute, 1992; Matsumoto, 2011).

En la actualidad, se sabe que las células solares tienen un dispositivo eléctrico que convierte directamente la energía de la luz en electricidad mediante un efecto físico y químico (European Photovoltaic Industry Association, 2011). En cuanto a la célula solar, está basada en el silicio, el cual se extrae de la arena (SiO_2 dióxido de Silicio). Se lleva a su forma final y comercial de la celda capaz de proporcionar energía eléctrica. A continuación, en la ilustración 7, se describe el proceso para la fabricación de celdas de silicio.

ILUSTRACIÓN 7. Proceso del silicio para formación de celdas



Fuente: Tomado de Hernández y Martínez (2007)

- **Célula de silicio monocristalino**

La Célula de silicio monocristalino (mono-Si), también llamado monocristalino silicio (monocristal-Si), fueron de las primeras celdas solares en fabricarse en los 50's sin tener gran éxito, pero retomaron su importancia en 1973 debido a la crisis petrolera, considerando su eficiencia en conversión de 14 – 15% (coeficiente de absorción de la Luz) y bajo costo con respecto a las pocas alternativas del momento. La célula de silicio monocristalino representa un gran beneficio ya que la materia prima es abundante en el entorno; en cuanto el proceso de fabricación el silicio es llevado a altas temperaturas para posteriormente fundirse y moldearse, formando solo un único cristal de grandes dimensiones mediante el proceso de Czochralski, el cual da como resultado grandes lingotes cilíndricos; se cortan los cuatro lados de los lingotes para hacer silicio pero tiende a representar un desperdicio significativo de silicio (Matsumoto, 2011; Fariborz y Mirzakuchaki, 2012). Esta capa es reconocible por un colorante externo azulado y el aspecto uniforme, indicando el silicio de alta pureza (ver ilustración 8).

ILUSTRACIÓN 8. Panel monocristalino.



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las ventajas de usar los paneles solares monocristalinos es que tienen las mayores tasas de eficiencia, actualmente de 15-18% y producen hasta cuatro veces la cantidad de electricidad como paneles solares de película delgada; además, tienden a funcionar mejor que los paneles solares policristalinos en condiciones de poca luz y baja temperatura. Al mismo tiempo, perdura por más tiempo y por este motivo los fabricantes aseguran una garantía de 25 años (Davies, 2013). Su mayor desventaja recae desde el punto de vista económico, ya que son los paneles solares más caros del mercado.

- **Células de silicio policristalino**

Los paneles solares basados en policristalino, se conoce como polisilicio (p-Si) y su fabricación inicia en los años 80's. A diferencia de los paneles solares monocristalinos, los paneles solares policristalinos no requieren el proceso de Czochralski. El silicio multicristalino ha tenido mayor participación en el mercado fotovoltaico en los últimos años debido a los avances en isotexturing y la producción de láminas cada vez más delgadas y con superficies más amplias. Para su producción el silicio crudo se derrite y se vierte en un molde cuadrado donde se forman varios cristales, posteriormente se corta en láminas perfectamente cuadradas generando fotocélula de aspecto azulado, pero no es uniforme, se distinguen diferentes colores creados por los diferentes cristales. Y característica más diciente es su registro de eficiencia 12-14% (Cann et al., 1992; Kaplan y Anderson, 2013).

Dentro de las ventajas que se obtiene al usar este tipo de células es por su fabricación ágil y menor costo debido a que se desperdicia menor cantidad de silicio en los cortes. Los paneles solares tienen mayor capacidad a la temperatura alta. No obstante, su eficiencia es menor que los paneles monocristalino por su menor dureza y requiere de mayor superficie para cubrir la misma cantidad de energía (Yastrebova, 2007).

ILUSTRACIÓN 9. Panel policristalino.



Fuente: Elaboración propia.

- **Células solares de elementos de valencias III, IV y V**

Para evitar el uso de semiconductores como materia prima, se utiliza concentradores, estos son lentes o espejos que agrupan la luz solar en una célula solar más pequeña. Según Peña (2011): "El

ratio de concentración puede ser de entre 200X a 300X para el silicio y de 1000X a 2000X para las células solares de GaAs. Y su fabricación consiste en una célula superficial de $Gax In_{1-x} P$ construida monolíticamente en una unión túnel interconectada de estructura compatible y con una celda de GaAs como base”. En cuanto a su costo de este tipo de celda es de 10\$/cm² con una eficiencia del 34%, lo anterior debido a que incluye diferentes bandas de gap, superando cualquier celda de unión simple.

- **Célula amorfa**

Señala Chargou (2014) que: “El silicio amorfo es silicio en forma no cristalina, con defectos en sus enlaces atómicos. Sin embargo, el silicio amorfo se deposita de manera que contenga una pequeña parte de hidrógeno, estos átomos de hidrógeno saturan muchos de los huecos de la red cristalina permitiendo así a los electrones moverse a través del silicio”. Los beneficios que ofrece este tipo de celda indica Pérez (2009): “Es la deposición y un ensamblado más fácil, la capacidad de ser depositadas en sustratos o materiales de construcción baratos, los que incluso pueden ser flexibles, producción en masa, y conveniencia para grandes aplicaciones. Sus costos son inferiores a las dos tecnologías anteriores”. Su apariencia es de color café (Ver ilustración 10).

Ilustración 10. Panel amorfo.



Fuente: Elaboración propia.

- **Célula tándem $Cu(InGa)Se_2$**

Las células solares de tándem logran una alta eficiencia en la transformación de energía ya que apila dos células individuales. Por medio de dos capas delgadas, la primera capa de silicio amorfo y posteriormente una capa de silicio cristalino, posteriormente se absorben en el espectro simultáneamente que se presiona y de esta forma se mejora el rendimiento en lugar del efecto que tendría una sola. Esta nueva estructura puede beneficiar grandemente el mercado de la energía solar por su alta sensibilidad en un amplio rango de longitudes de onda. Sin embargo, este tipo de celdas tiene algunas deficiencias tales como: luz absorción, su costo elevado debido al proceso de superposición (Fariborz y Mirzakuchaki, 2012).

ILUSTRACIÓN 81. Celda tándem.



Fuente: Elaboración propia.

- **Células solares de telurio de cadmio**

Las celdas solares de telurio de cadmio (CdTe) están formados por cadmio y telurio, base para este elemento semiconductor cuya característica principal es su alta estabilidad térmica y química, lo cual le permite ser la celda con mayor eficiencia reportada y cuya presentación es en forma de capa delgada (Mendoza, 2015). No obstante, este tipo de celdas puede contener impurezas foráneas, además puede ir variando por la estequiométrica, factores que generan un exceso Cd resulta en conductividad tipo “n” y un exceso de Te en tipo “p”.

- **Células solares orgánicas**

Son células relativamente nuevas que atraen mucha atención por su aplicación en grandes superficies y flexibilidad (Ver ilustración 15). Las células solares orgánicas son provenientes de silicio cristalino es posible que influyan en la corriente de cortocircuito (I_{sc}), el voltaje de circuito abierto (V_{oc}), el factor de llenado (FF), por lo que las eficiencias de las celdas pueden ir mejorando (Chuan *et al.*, 2011). Sin embargo en la actualidad su costo es alto, según Peña (2011): “Uno de los factores que elevan el precio de estas tecnologías es la necesidad de procesar semiconductores a altas temperaturas en ambientes al vacío. Esto limita la fabricación a procesos por lotes, con la poca rentabilidad que esto conlleva”.

ILUSTRACIÓN 92. Celda solar orgánica.



Fuente: Elaboración propia

- **Células solares sensibilizadas por colorante (DSSC)**

Las células solares DSSCs sensibilizadas con colorantes surgieron como una nueva clase de energía de bajo costo por su fabricación sencilla en comparación a las células solares basadas en semiconductores. La incorporación de moléculas de colorantes en algunos electrodos semiconductores de bandgap fue clave factor en el desarrollo de células solares fotoelectroquímicas como lo permite ver la ilustración 16(Jasim, 2007). Además para Peña (2011): “La sensibilización de grandes bandas de gap en materiales de óxido semiconductor como TiO_2 , ZnO y SnO_2 con fotosensibilizadores, como colorantes orgánicos, que pueden absorber luz visible han sido extensamente estudiados desde el desarrollo de la fotografía (s.XIX). En el proceso de sensibilización, los fotosensibilizadores absorbidos en la superficie del semiconductor absorben luz visible y los electrones excitados son inyectados en la banda de conducción de los electrodos semiconductores.”

ILUSTRACIÓN 103. Células sensibilizadas por colorante (DSSC).



Fuente: Elaboración propia

- **Célula multiunión**

Para Fernández (2012): “Las células multiunión (MJ) se basan en el uso de distintos materiales semiconductores con distintas bandas de energía GAP interconectadas en serie de forma que se aproveche eficientemente la energía del espectro solar incidente”. En otras palabras, las células multiunión están fabricadas por varias capas delgadas de silicio usando la epitaxia por haz molecular. Además, las celdas solares de múltiples uniones tienen un límite teórico más alto de conversión de eficiencia con un record de 40,7%; siendo su principal potencia el alto rendimiento y si bien tiene un alto costo, sus beneficios la convierten en una opción viable para grandes inversiones (Yastrebova, 2007).

2.8. IMPLEMENTACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN ANDENES PEATONALES

En este capítulo se encontraran a forma en que en distintas partes del mundo se han implementado los andenes solares con ejemplos puntuales, adicional se identifican las zonas con mayor radiación solar y la forma correcta de implementar un las celdas en los andenes peatonales.

2.8.1 Identificación de puntos

En el estudio llamado Potencial de la energía solar en el medio ambiente urbano tropical realizado en Dares Salaam, Tanzania por Kevin Ka-Lun Lau, FredrikLindberg, Erik Johansson, Maria Isabel

Rasmussen, SofiaThorsson; determinó las zonas que tienen mayor radiación en la ciudad y concluyó que la ciudad está construida de manera informal, lo que ocasiona que se construyan casas de un solo nivel pero enseguida algunos edificios altos desaprovechando la capacidad del suelo pues estos desniveles genera sombra y menor radiación. (Lau *et al.*, 2017). Basado en este estudio nos podemos basar en que es posible realizar una implementación parecida en Colombia.

2.8.2 Implementación de andenes

Los andenes hacen parte del espacio público con el fin de brindar movilidad y permanencia a los peatones, estos son ubicados paralelo a las calzadas vehiculares y conforman el perfil vial convirtiéndose en parte fundamental del espacio público construido, con los elementos de la estructura ecológica principal, la red de ciclorutas y los pasos y enlaces peatonales.

2.8.3 Celdas fotovoltaicas en andenes peatonales

En el estudio denominado “Utilización y función de los edificios solares” (Demenkova, Korzhova y Phinenko, 2017) se encontró que en China alrededor de 20.000 aldeas no cuenta con suministro de energía, por lo tanto, el gobierno incentivo el uso de energías renovables para proteger el medio ambiente, sin embargo, este concepto dejo atrás la tecnología pesada y costosa en los techos para ser cambiado en tecnología cada vez más liviana, económica y se pueden anclar a las paredes o andenes de los edificios con una implementación adecuada que no afecte la fachada ni el tránsito peatonal.

Otro aspecto importante a mencionar son las propiedades térmicas de los materiales usados en la construcción de edificios como cemento, asfalto, hormigón, vidrio y el papel que estos elementos desempeñan en la distribución del calor a lo largo del día.

De la misma forma Julie Brusaw presentaron sus ideas en el 2010 a lo que ellos consideran es el futuro del pavimento; un piso ultra resistente con células fotovoltaicas; lo mejor es que su diseño es hexagonal lo que le permite aprovechar más la radiación del sol y se ajusta fácilmente a áreas irregulares, logrando resistir hasta 113 toneladas (Las Heras, 2014). Logrando demostrar que no se debe asociar la idea de que los paneles solares a fragilidad (Ver ilustración 18).

ILUSTRACIÓN 11. Piso con celdas fotovoltaicas.



Fuente: Tomado de Las Heras (2014)

Otra notable innovación fue desarrollada por Onyx Solar con colaboración de Butech y Porcelanosa, dando origen a un pavimento transitable y antideslizante con apariencia translúcida (Ver ilustración 18). La baldosa con un espesor de 3 a 19 mm utiliza varias láminas de vidrio para proteger la celda fotovoltaica de Si-a como se puede ver en la ilustración 19; Destaca que este producto alcanza una resistencia de 400kg pese a su profundidad (Mercedes, 2017).

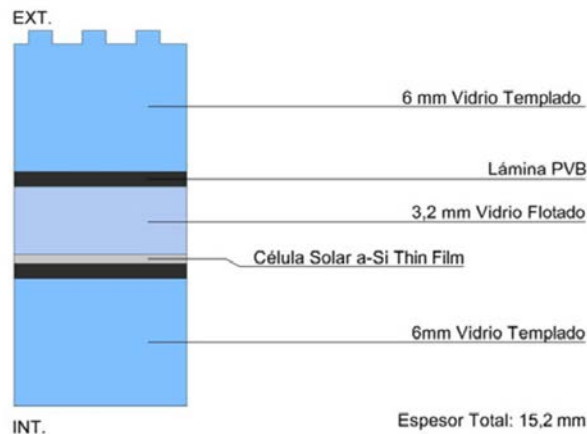
ILUSTRACIÓN 12. Baldosa con celdas fotovoltaicas antideslizante.



Fuente: Tomado de Mercedes (2017).

En esta imagen se observa como han sido implementadas las celdas solares haciendo que la tecnología se muestre novedosa y trabaje de manera óptima.

ILUSTRACIÓN 13. Estructura de la baldosa con celdas fotovoltaicas.



Fuente: Tomado de Mercedes (2017)

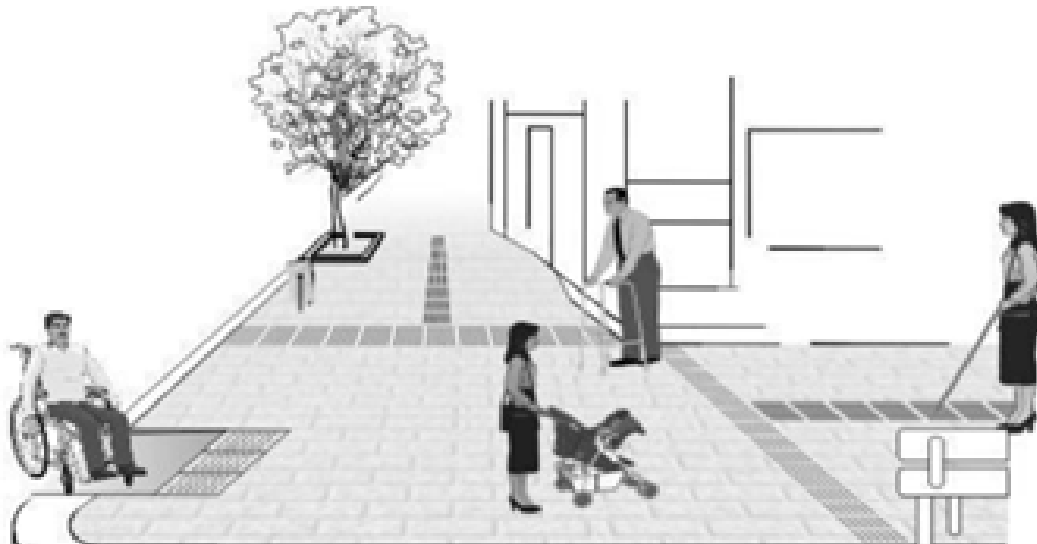
En esta imagen se observa la composición de la celda fotovoltaica, y el espesor a la que puede llegar a ser construida.

3. MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo del proyecto se presentarán aquellos términos fundamentales para el entendimiento del objeto central de la investigación. Además de la normatividad pertinente.

- **Panel Fotovoltaico.** Según La CCEEA (Centro de Capacitación de Electricidad y Energía Alterna (2015) “Los paneles solares fotovoltaicos se componen de celdas que convierten la luz en electricidad. Dichas celdas se aprovechan del efecto fotovoltaico, mediante el cual la energía luminosa produce cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de distinto tipo, por lo que se produce un campo eléctrico con la capacidad de generar corriente”
- **Andén.** También denominada acera es una franja lateral de una vía, destinada a la permanencia, circulación y tránsito exclusivo de peatones (Concejo Municipal del Palmira, 2015). En la Ilustración 14 se puede ver su distribución.

ILUSTRACIÓN 14. Distribución de andén



Fuente: Tomado de Concejo Municipal del Palmira(2015).

- **Diseño de andenes.** Los andenes hacen parte del espacio público con el fin de brindar movilidad y permanencia a los peatones, estos son ubicados paralelo a las calzadas vehiculares y conforman el perfil vial convirtiéndose en parte fundamental del espacio público construido, con los elementos de la estructura ecológica principal, la red de ciclorutas, los pasos y enlaces peatonales.

Es importante aclarar que al mencionar la palabra peatones, se hace referencia a las personas que se desplazan por una vía pública a pie, en una silla de ruedas, bicicleta cualquier dispositivo individual de asistencia o ayuda ante una condición o situación de movilidad reducida. Es necesario que los andenes cumplan con ciertos requerimientos fundamentales como la continuidad de superficie, ancho y nivel (ALCALDE MAYOR DE BOGOTÁ D. C., 2015).

- **Conversores CC/CA.** Los conversores CC/CA se emplean cuando resulta necesario

transformar la corriente continua generada por las celdas fotovoltaicas, en corriente alterna para los consumos que utilizan ese tipo de suministros (Gasquet,2002).

- **Conector hilo.** Conductor de resistencia despreciable (idealmente cero) que une eléctricamente uno o dos elementos.
- **Peatón.** Para Santos (2015) es: "El individuo que, sin ser conductor, transita a pie por espacios públicos. "Son también peatones quienes empujan o arrastran un coche de niño o de impedido o cualquier otro vehículo sin motor de pequeñas dimensiones. Los que conducen a pie, en bicicleta y los impedidos que circulan al paso en silla de ruedas, con o sin motor". Son también peatones quienes empujan o arrastran un coche de niño o de impedido o cualquier otro vehículo sin motor de pequeñas dimensiones. Los que conducen a pie, en bicicleta y los impedidos que circulan al paso en silla de ruedas, con o sin motor".
- **Zonas urbanas.** Para Santana(2015): "se caracteriza por estar habitada de forma permanente por más de 2.000 habitantes. La actualización de los modelos de desarrollo urbano ha ocasionado que la densidad de población, la extensión geográfica y el planeamiento y creación de infraestructuras se combinen para ser factores claves en la delimitación de esta clase de áreas".
- **Radiación solar.** El Sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 6.000 K (5727 Celsius) en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fisión nuclear que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del Sol se transmite al exterior mediante la radiación solar.
- **Energía renovable.** Fernandez (2017) menciona: "Energías limpias que contribuyen a cuidar el medio ambiente. Frente a los efectos contaminantes y el agotamiento de los combustibles fósiles, las energías renovables son ya una alternativa. Por renovable se refiere a la energía solar, eólica, biomasa, energía geotérmica, energía hidroeléctrica, hidrógeno, energía de los océanos y mucho más".
- **Energía convencional.** Según Fernandez(2017) es "toda aquella energía tradicional que se comercializa entrando a formar parte del cómputo del producto interior bruto (PIB). Las energías convencionales no tienen por qué ser energías no renovables, pero debido principalmente a circunstancias históricas, se puede decir que son principalmente las no renovables, como: petróleo, carbón, gas, combustibles fósiles".
- **Loseta.** Losa pequeña, especialmente la que se emplea en la pavimentación de suelos.

4. MARCO LEGAL

4.1. Normalización vigente para la utilización de panel fotovoltaico en Colombia

A continuación, las normas colombianas que establecen la regulación de fabricación, instalación y mantenimiento de los modulo fotovoltaicos.

TABLA 3. Normalización para paneles fotovoltaicos en Colombia

NORMA	TIPO DE DOCUMENTO	TITULO	DESCRIPCIÓN
NTC 1736	Terminología	Energía solar. Definiciones y nomenclatura(Norma Técnica Colombiana, 1995)	Establece los símbolos y nomenclatura
NTC 2775		Energía solar fotovoltaica. Terminología y definiciones (Norma Técnica Colombiana, 2005).	Establece la terminología y definiciones
NTC 2631	Medición de propiedades	Medición de transmitancia y reflectancia fotométricas en materiales sometidos a radiación solar (Norma Técnica Colombiana, 1989)	Describe el cálculo de la transmitancia luminosa (fotométricas a partir del método ASIM para el espectro de transmitancia y reflectancia de materiales
NTC 2883	Componentes de sistemas solares fotovoltaicos	Módulos fotovoltaicos de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación de tipo.(Norma Técnica Colombiana, 2006a)	Menciona los requisitos para calificar el diseño y posterior aprobación de los módulos fotovoltaicos para la aplicación terrestre
NTC 5287		Celdas y baterías secundarias para sistemas de energía solar fotovoltaica. Requisitos generales y métodos de ensayo(Norma Técnica Colombiana, 2009)	Indica los requisitos de las baterías que se utilizan en los sistemas solares fotovoltaicos y de los métodos de ensayo típico utilizados para verificar la eficiencia de las baterías.
NTC 5433		Informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos (Norma Técnica Colombiana, 2006b)	El propósito de esta norma es determinar la información mínima para la configuración del sistema con módulos fotovoltaicos de manera óptimo y seguro

NTC 5509		Ensayo ultravioleta para módulos fotovoltaicos (Norma Técnica Colombiana, 2006c)	Indica la manera para determinar la resistencia del módulo cuando se expone a los rayos ultravioleta
Ntc 4405	Eficiencia energética de sistemas	Eficiencia energética. Evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos y sus componentes (Norma Técnica Colombiana, 1998).	Establece la metodología para evaluar de paneles o módulos Fotovoltaicos, reguladores y acumulación de energía solar.

Fuente:(El autor).

4.2. Normalización vigente para el plan de expansión de la cobertura de energía del 2013 al 2017.

El Decreto 388 de 2007, en el que sobresale el año 2012 la reglamentación del Decreto 1122 de 2008 se logró mediante resoluciones del MME 180465 de marzo de 2012 y 90066 de enero 2013. Con estas resoluciones se establecieron los parámetros que se deben seguir para la ejecución de los Planes de Expansión de Cobertura Energética con una proyección a tres (3) años presentada por los Operadores de Red y que deben fundamentarse en las metas fijadas en el Plan Indicativo de Expansión de la Cobertura de Energía.

Específicamente para la elaboración de este plan 2013–2017, se han tenido en cuenta las siguientes normas:

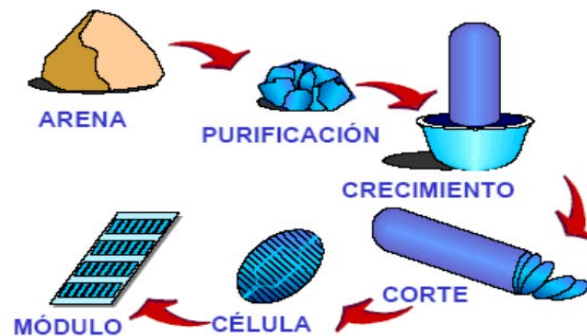
- Resolución CREG 091 de 2007, la cual estableció las metodologías para la remuneración de las actividades de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica, así como las fórmulas.
- Tarifarios generales para establecer el costo unitario de prestación del servicio público de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas - ZNI. De igual forma define las reglas para la conformación de las áreas de servicio exclusivo en las ZNI.
- Resolución CREG 097 de 2008, con la cual se aprobaron los principios generales y la metodología para el establecimiento de los cargos por uso de los STR y SDL y se establecieron las unidades constructivas a utilizar para el cálculo de la remuneración de las actividades de distribución en los niveles IV, III y II. La Comisión, mediante resoluciones particulares, aprueban los cargos máximos de los niveles de tensión III, II y I de los activos operados por las diferentes empresas en el STR y SDL.
- Resolución CREG 056 de 2009, mediante la cual la Comisión realiza la revisión de los parámetros aplicables a la metodología de cálculo del costo promedio ponderado de capital, para remunerar las actividades de generación y distribución en las ZNI, definiendo entre otros la tasa de retorno de la inversión.
- Resolución CREG 057 de 2009 que actualiza los costos de inversión para generación y distribución contenidos en la resolución CREG 091 de 2007 para el servicio de energía eléctrica en las ZNI.

- Resolución MME No. 180456 de marzo de 2012, a través de la cual el Ministerio de Minas y Energía adopta la reglamentación de las convocatorias para la presentación, evaluación y aprobación de los Planes de Expansión de Cobertura – PECOR, que deberán presentar los Operadores de Red, igualmente establece la metodología para la evaluación de los mismos y para la asignación de recursos del FAER.
- Resolución CREG 088 de agosto de 2012, con la cual se definieron los lineamientos o bases conceptuales para los análisis y estudios pertinentes orientados a proponer una nueva metodología de remuneración para las actividades de generación, distribución y comercialización del servicio de energía eléctrica en las ZNI, dado que ya cumple un período tarifario de cinco años de la remuneración del servicio de electricidad en estas zonas bajo los lineamientos establecidos en la Resolución CREG 091 de 2007. (*Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica*, 2013).

5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN PANELES SOLARES

En este capítulo se realizará una comparación entre los distintos tipos de paneles solares que existen los cuales ya fueron expuestos de forma individual en el capítulo anterior. Un panel solar es un conjunto de celdas solares que se encuentran interconectadas y dispuestas en una estructura de soporte que usa materiales; en general su procedencia es desde la arena como materia prima hasta llegar a la fabricación de paneles solares. En la ilustración 16 se visualiza lo expuesto.

ILUSTRACIÓN 146. Proceso de materiales de un módulo fotovoltaico.



Fuente: Chargou (2014)

5.1 TIPO DE CELDAS SOLARES

A continuación, se caracteriza las diferentes celdas solares en cuanto materia prima, fabricación, costo y eficiencia. En la tabla 2, un resumen con las ventajas y desventajas, técnicas de fabricación de las celdas anteriormente mencionadas.

TABLA 4. Descripción de celdas.

Células solares y módulos de silicio cristalino					
Material	Técnicas de fabricación	Creación de paneles	Ventajas	Desventajas	
Módulos de silicio cristalino	Monocrystalino	Método Czochralski: Permite una gran variedad de formas. Su equipamiento consiste en una cámara de vacío en la que la materia prima, silicio, es fundida. Debido a la rotación de la semilla, la sección del cristal es circular.	Banda de absorción lumínica cuenta con un bandgap de 1.1 eV – Eficiencia actual, previsible en un 28,8% 24,7% 15%	El crecimiento de una superficie, se acomoda la expansión volumétrica sin mayor problema Alcanzarse alta perfección cristalina. . Control de impurezas (dopado)	° La necesidad de utilizar un crisol en el proceso de crecimiento implica el riesgo de contaminar el fundente. ° No tiene un crecimiento continuo.
		Tri-Si: Es un compuesto cristalino consistente en 3 granos monocristalinos mutuamente ligados.		Permite cortar en láminas ultra delgadas con las mejores propiedades. Es un método compatible con Czochralski.	Se desperdicia material en los extremos de la lámina donde se concentra las impurezas y se deben desperdiciar
	Policristalino	Existen dos técnicas: Bridgman y el proceso de fundición en bloque. En ambos procesos se obtienen los lingotes de silicio policristalino		Lingotes de alta calidad con un peso 250~300 kg Dimensión de 70x70cm ² y altura de 30 cms.	Los costes de aserrado son altos.
Células solares de elementos de valencias III, IV y V	Célula superficial de Gas In _{1-x} P. GaAs es la.	Construida monolíticamente en una unión túnel interconectada de estructura compatible y con una celda de GaAs como base	Banda de absorción lumínica del espectro solar global. Eficiencia actual, previsible cercana al 30%.	Las células de GaInP son razonablemente buenas para ser comercializadas y ligeramente superiores que las células solares de silicio	Problemas iniciales con el crecimiento de GaInP por deposición de vapores químicos metal orgánico

Células solares de silicio amorfo	Átomos de silicio	Cada átomo de silicio está conectado por enlaces covalentes a otros cuatro átomos de silicio en forma de tetraedro.	Banda de absorción lumínica: 1.7 eV - Eficiencia actual, previsible de 31%, 50% y 56% respectivamente	Incrementar la eficiencia la conversión solar de las células como en reducir costes en la fabricación	Una pequeña y desordenada variación de los ángulos en los enlaces elimina la estructura de red regular
Células solares de Cu(InGa)Se2	dispositivos monocristalinos de CuInSe2	La capa de Cu(InGa)Se2 debería ser menos 1 µm de grosor. El voltaje en circuito abierto incrementa con la banda de gap de la capa de absorción	- Banda de absorción lumínica El coeficiente de absorción "α" del CuInSe2 es muy alto, mayor de 10 ⁵ /cm - Eficiencia actual, previsible cercanas al 20%,	° Las películas delgadas son de bajo coste, con un alto grado de deposición semiconductor. ° Altas eficiencia en células y módulos solares	Ha habido poco esfuerzo en fabricar dispositivos monocristalinos de CuInSe2 por la dificultad de producir cristales de alta calidad.
Células solares de telurio de cadmio	El CdTe es un compuesto semiconductor del grupo IIB - VIA	Condensación/reacción de los vapores de Cd y Te2 Reducción galvánica de los iones de Cd y Te en la superficie (electrodeposición) Reacción de precursores en una superficie	Banda de absorción lumínica: >5 x 10 ⁵ /cm Eficiencia actual cercana al 30%.	es una excelente elección para la radiación emitida por nuestro sol. Es una excelente elección para la radiación emitida por nuestro sol.	Las impurezas pueden activar o desactivar defectos
Células solares orgánicas	polímeros conjugados capaces de conducir los electrones.	Distintas capas lo conforman. Se empieza poniendo el contra electrodo transparente en el sustrato transparente, la capa o capas de semiconductor polimérico y un electrodo de metal	La eficiencia de la conversión es del 14% Depende sobre todo del polímero utilizado, aun así, la sección habitual de una célula solar orgánica	Bajo costos porque pueden ser producidos en grandes superficies a temperaturas relativamente bajas	Cada polímero tiene sus propias cualidades, por lo que es difícil agrupar y generalizar datos.
Células solares foto	células solares foto	Preparación de los coloides de TiO2.	- Banda de absorción	El diseño y desarrollo de	Materiales de óxido

sensibilizadas por colorante (DSSC)	electroquímicas consistentes en un fotoelectrodo, un electrolito redox y un contraelectrodo.	Preparación del electrodo de TiO ₂ , hay dos métodos.	lumínica. Cuanto más pequeña sea la banda gap, mayor será la fotocorriente. Eficiencia máxima del 10,4%	nuevos colorantes orgánicos con grandes coeficientes de absorción en la región cercana al infrarrojo	semiconductor tienen una buena estabilidad en la solución bajo radiación solar. Pero estos no pueden absorber luz visible porque tienen unas bandas de gap muy anchas
		Fijación del colorante a la capa de TiO ₂ .			
		Electrolito redox			
		Contraelectrodo de			
		Montaje de la célula			

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2 permitió observar la información más relevante para posteriormente tomar una decisión en cuanto a la selección de la celda fotovoltaica que se prevé usar durante el presente proyecto; cabe destacar que después de una visita al centro de la ciudad de Bogotá (Colombia), más exactamente a la zona comercial de los artefactos eléctricos y electrónicos, se logró corroborar, que en el mercado nacional solo se encuentran disponibles celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino, policristalino y amorfo, por lo tanto la Tabla 4. Tipos de celdas comerciales en Colombia. Se concentra en estos tres tipos de celdas.

Tabla 5. Descripción del silicio.

Células solares y módulos de silicio			
	Característica	Ventajas	Desventajas
1. Silicio	2do elemento más abundante del mundo	<input type="checkbox"/> 85% del mercado fotovoltaico	Él es el más difícil y caro de producir de todos los elementos.
	20% de la corteza terrestre.	<input type="checkbox"/> Se presenta en forma amorfa y cristalizada.	Elementos sustitutos para la elaboración de tecnología emergente
	Integra la familia del carbono.	<input type="checkbox"/> A temperaturas ordinarias el silicio no es atacado por el aire.	
1.1. Silicio cristalino	Material semiconductor Metalizado y de difícil dilución Corteza extremadamente duro	Utilizado en microelectrónica y celdas solares, existe policristalinos y monocrystalino	Depende de otro elemento para ser utilizados
1.1.1. Silicio policristalino	Cristales de 1 cm; En las células solares de silicio policristalino no utilizan el método Czochralski para su fabricación, como sucede con las mencionadas anteriormente. Para estas celdas fotovoltaicas, el silicio se funde y luego se vierte en un molde.	Una de las ventajas más resaltantes de las celdas fotovoltaicas de silicio policristalino con respecto a la de monocristalino reside en su costo, al no emplear silicio en estado puro, su proceso de fabricación es mucho más económico. Esto incide en el precio del módulo solar como	Uno de los inconvenientes que presentan los paneles solares fotovoltaicos con celdas de silicio policristalino es que no son tan resistentes al calor como los de monocristalino. Por tanto, en condiciones de altas temperaturas el

	Posteriormente se corta en láminas cuadradas una vez que el material se haya enfriado.	producto final, el cual también será más accesible.	funcionamiento de estas células solares no será óptimo.
1.1.2. Silicio monocristalino	Cristales de hasta 30 cm de diámetro x 1 m de longitud	En el uso para celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino destaca su gran rendimiento. Además, poseen una vida útil más duradera que los otros tipos de celdas solares y funciona mejor en condiciones de baja intensidad solar.	Las celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino se encuentra su precio, que suele ser el más alto de entre todas las opciones. Por otra parte, podría tener desperfectos en el funcionamiento, si los paneles solares fotovoltaicos llegan a ser cubiertos por nieve.
	Color azul oscuro, que denota la alta pureza y concentración de este material.	Asimismo, utiliza el <i>Método Czochralski: ver concepto 1.3</i>	
1.2. Silicio amorfo	Silicio puro, se presenta en octaedros de color azul grisáceo y brillo metálico.	Más activo que los demás cristalinicos y obtención económica. En cuando a las celdas solares de capa fina son los más económicos del mercado, gracias a su proceso de fabricación. También poseen gran flexibilidad por su densidad, lo que les permite adaptarse casi a cualquier superficie.	Menor durabilidad porque se degrada con el tiempo y en cuanto a las celdas solares por capa fina su tiempo de duración es mucho menor al de las celdas fotovoltaicas a base de policristalino o monocristalino. Por no usar el método
	Se utiliza en celdas solares de capa fina se caracteriza por depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Esto les permite usar distintas aleaciones del silicio.		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Tipos de celdas comerciales en Colombia.

	Monocristalino	Policristalino	Amorfo
Característica	Cristal único	Paneles cuadrados permiten mejor uso	Capa delgada, soporte flexible o rígido
Color	Color azul oscuro	Diferentes tonalidades azules	Color marrón
Rendimiento	15 – 18%	12 – 14%	<10%
	Buen rendimiento	Bajo rendimiento en luz difusa	Rendimiento más bajo y decrece con el tiempo
Disponibilidad en el mercado	Baja	Alta	Nula
Costos	Elevado	Medio	Bajo

Eficiencia		Optima	Optima	Funciona en días opacos
Calidad		Buena calidad no presenta devoluciones	Buena calidad no presenta devoluciones	N/A
Costo promedio según la potencia eléctrica (wt)				
12V-18V	20	No se encontró en el comercio	\$ 62,000	No se encontró en el comercio
	40		\$ 125,000	
	80		\$ 247,000	
	100		\$ 297,000	
	150		\$ 375,000	
	240		\$ 785,000	
24V-36V	300	\$ 1,100,000	\$ 938,000	
Medidas en cm según la potencia eléctrica (wt)				
12V-18V	20	No se encontró en el comercio	40 x 50	No se encontró en el comercio
	40		45 x 70	
	80		70 x 100	
	100		90 x 100	
	150		70 x 150	
	240		100 x 170	
24V-36V	300	100 x 200	100 x 200	
Peso promedio en kg según la potencia eléctrica (wt)				
12V-18V	20	No se encontró en el comercio	2	No se encontró en el comercio
	40		4	
	80		8	
	100		10	
	150		12	
	240		16,5	
24V-36V	300	20,5	20,5	

Fuente: Elaboración propia.

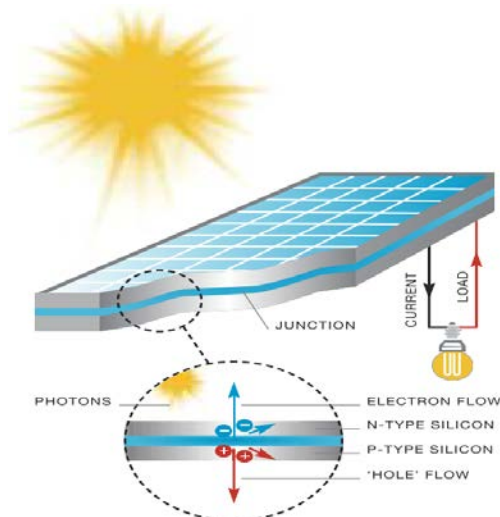
En vista de los resultados anteriores se seleccionó la celda policristalina por que cumple con los siguientes requerimientos solicitados para la implementación y montaje del sistema.

- Su geometría y dimensiones permiten realizar una mejor implementación e instalación.
- Se encuentran varias dimensiones de acuerdo a los requerimientos.
- En cuanto a demanda y oferta son las más solicitadas en el mercado, por este motivo su costo es mucho menor en comparación a las celdas monocristalinas y amorfas.
- Su nivel de eficiencia es óptima, ideal para la implementación que se presentó.

5.2. FUNCIONAMIENTO PANEL FOTOVOLTAICOS

Señala Beltran (2014) “Una celda fotovoltaica es un dispositivo que convierte la energía de la luz del sol, en energía eléctrica en forma directa. Este proceso se lleva a cabo gracias a materiales conocidos como semiconductores, los cuales cambian su conductividad en función de distintos factores externos, de tal manera que pueden generar una corriente eléctrica” (Ver ilustración 20).

ILUSTRACIÓN 15. Efecto fotovoltaico.



Fuente: Tomado de European Photovoltaic Industry Association (2011)

Como se menciona, los elementos semiconductores son primordiales en la estructura de las celdas fotovoltaicas porque funciona como aislante o conductor dependiendo del campo electromagnético, la temperatura y la radiación. Pero dependen de la temperatura para su conductividad, ver Tabla 2.

TABLA 7. Semiconductores.

número atómico	nombre del elemento	Grupo en la tabla periódica	electrones en la última orbita	números de valencia
48	cadmio (Cd)	Ila	2	+2
5	Boro (B)	IIla	3	+3
13	Aluminio (Al)	IIla	3	+3
31	galio (Ga)	IIla	3	+3
49	Indio (In)	IIla	3	+3
14	silicio (Si)	IVa	4	+4
32	Germanio (Ge)	IVa	4	+4
15	Fosforo (P)	Va	5	+3,-3,+5
33	Arsénico (As)	Va	5	+3,-3,+5
51	Antimonio (Sb)	Va	5	+3,-3,+5
16	Azufre (S)	VIa	6	+2,-2,+4,+6
34	Selenio (Se)	VIa	6	+2,-2,+4,+6
52	Telurio (Te)	VIa	6	+2,-2,+4,+6

Fuente: Tomado de Beltran (2014)

Es importante aclarar que los materiales más usados como semiconductores son el Silicio (Si) y el Germanio (Ge).

Para Beltran (2014): “El proceso de mandar electrones a la banda de conducción, creando huecos en la banda de valencia, requiere de cierta energía. Estos elementos tienen una órbita incompleta

con un número menor de electrones, que son los electrones de valencia. Por lo que es un proceso delicado, pero natural a la vez. Un semiconductor tipo P, es aquel elemento al que intencionalmente, se le añaden impurezas que permiten la creación de huecos. Los átomos de este tipo se les pueden llamar aceptores, ya que “aceptan” un electrón. Normalmente en este proceso de dopado en el caso del silicio; se le une un átomo con tres electrones de valencia, tales como los del grupo 13 de la tabla periódica, como Al, Ga, B, In, y se incorpora a la red cristalina en el lugar de un átomo de silicio, entonces ese átomo tendrá tres enlaces covalentes y un hueco producido que se encontrará en condición de aceptar un electrón libre.

Teniendo en cuenta que la disponibilidad de la energía solar no es total debido a que solo en una parte del día puede brindar la energía y en una zona del planeta, gracias a la rotación diaria del planeta alrededor de su propio eje. En consecuencia, a lo anterior es necesario plantear una solución que nos brinde la posibilidad de aprovechar la energía solar durante todo el día o incluso en los días de poca radiación solar, esto nos lleva a encontrar las distintas formas de almacenamiento de energía, que son utilizadas para los sistemas solares como, por ejemplo: térmica; mecánica; eléctrica y por último de forma química utilizando las baterías de base de plomo dado que las baterías de Ion de Litio (Li-Ion) apenas están en desarrollo.

Es bueno aclarar que la batería es parte fundamental del sistema, pero suelen ser las de mayor costo y de menor vida útil o incluso la batería puede llegar a presentar problemas en su funcionamiento después de un tiempo de uso o incluso un potencial riesgo para la salud y la contaminación del medio ambiente.

6. SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ANDENES

Considerando que el sistema solar fotovoltaico busca capturar la energía solar para generar energía eléctrica corriente, se debe tener claro que existen tres tipos: El sistema aislado, sistema de conexión de red y sistema híbrido.

6.1 Clases de sistema fotovoltaicos

6.1.1 Sistema aislado

Este sistema incluye un sistema de acumulación de energía. Eso tiene lógica ya que el sistema aislado solo puede generar energía durante el día; sin embargo, el consumidor final requiere energía durante todo el transcurso de la jornada. Así que para su correcto funcionamiento se requiere.

- Módulos fotovoltaicos para capturar la energía solar.
- Regulador de carga el cual evita un exceso de carga.
- Sistema de acumulación, como su nombre lo indica acumular la energía que no se utilizó durante el día.
- Inversor cuya función es transformar la corriente continua en alterna
- Elementos de protección del circuito, es una medida de protección en el caso de tener una sobrecarga.

6.1.2 Sistemas conectados a la red

Los sistemas conectados a la red cuentan con un sistema de control, el cual hace un seguimiento a la tensión de la red de distribución porque la energía no es acumulada, sino que se canaliza en la red eléctrica. Sus componentes son:

- Modulo fotovoltaico para captar energía solar.
- Inversor para conexión a la red es el que transforma la corriente continua a alterna y decide en que momento llevarla a la red de distribución.
- Controlados de energía es el componente que mide la energía durante un periodo.

6.1.3 Sistema hibrido

Combina dos tipos de energía: energía solar y energía eólica para garantizar el constante paso de electricidad. Así se aprovecha el recurso energético localizado en la instalación.

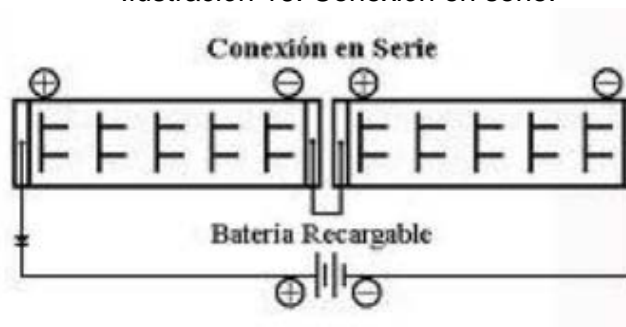
6.2 CONEXIÓN ELÉCTRICA

Para generar conexiones eléctricas en dispositivos fotovoltaicos se requiere de organizar las celdas en cadenas esto con el fin de conseguir corriente y potencia. A continuación, se explica dos tipos de conexiones las de serie y las de paralelo.

6.2.1 Conexión serie

Según Chargou (2014): "Las celdas se conectan en series soldando tiras delgadas de metal desde la superficie superior (terminal negativa) de la celda a la superficie de las otras (terminal positiva). Cuando los elementos individuales se encuentran eléctricamente conectados en serie, la terminal positiva de todo el grupo se conecta a la negativa del otro conjunto ver ilustración 21.

Ilustración 16. Conexión en serie.

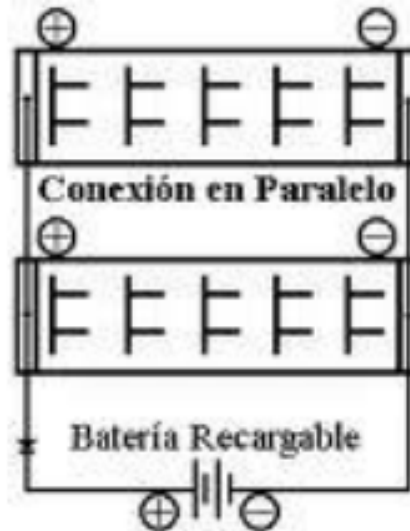


Fuente: Tomado de Chargou (2014)

6.2.2 Conexión de paralelo

La conexión de paralelo hace referencia conectar la terminal positiva de cada celda o conjunto y lo mismo en la terminal negativa, con el fin de sumar la corriente del circuito evitando cadenas individuales. Esto implica que la cadena tiene el mismo voltaje, pero diferentes salidas como se ve en la ilustración 22

Ilustración 17 Conexión en paralelo.



Fuente: Tomado de Chargou (2014)

6.3 COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Los componentes del sistema fotovoltaico en andenes son celdas, módulo o un campo fotovoltaico, una batería, un controlador de carga e inversor para la instalación.

6.3.1 Controlador de carga

La intención de incluir un controlador de carga es para reducir el riesgo de una sobrecarga por una tensión en los paneles solares, generalmente provocado por la disminución o la anulación de consumo. Para su correcta instalación este se ubica entre el sistema generador y el acumulador (Hernández y Martínez, 2007).

Menciona Hoyos *et al.* (2011) que: "El controlador está compuesto por tres bloques: medición, potencia y control. El bloque de medición se encarga de medir la corriente suministrada por el panel fotovoltaico y la corriente entregada a la carga, la tensión de batería y la temperatura ambiente. El bloque de potencia es el encargado de suministrar corriente a la batería utilizando modulación por ancho de pulso y transistores. El bloque de control está compuesto básicamente por un microcontrolador y realiza la medición de la temperatura.

Tabla 8. Especificaciones de los controladores de carga.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Tensión nominal (V)	Representa el valor de la tensión de entrada al regulador
Corriente máxima de generación	Indicación de la corriente máxima que se puede proporcionar el equipo a la carga o consumo
Corriente máxima	Indicación de la corriente máxima que puede proporcionar el equipo a la carga o consumo
Corte alto	Indicación del estado de corte de la carga de la batería cuando esa alcanza una determinada tensión máxima
Corte de flotación	Parámetro que indica el nivel de tensión al que se produce en el regulador la conmutación al modo flotante.
Rearme alto	Indicación del nivel de tensión al que se produce en el regulador rearme
Rearme de flotación	Indicación del nivel de tensión al que se produce al rearme del regulador al modo flotación.
Corte bajo	Indicación del estado de corte de la carga de la batería cuando la tensión en sus bornes

Fuente: Tomado de Hernández y Martínez (2007)

6.3.2 Batería para sistemas fotovoltaicos

En el sistema de generación de energía fotovoltaica tiene dos tipos de potencia: la generada y la carga, las cuales no son iguales y por lo tanto requiere un sistema de almacenamiento para limitar el efecto de la variación de la energía solar debida a la variación en las condiciones ambientales tales como la radiación solar y temperatura (Manimekalai, Harikumar y Raghavan, 2013). La batería se utiliza como respaldo y según Hernández y Martínez (2007) deben reunir las siguientes especificaciones en capacidad, ciclos de carga/descarga y autodescarga como se puede determinar en la Tabla 6.

TABLA 9. Especificaciones de baterías.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Tensión	Indicación de la tensión de trabajo. Dado que cada vaso de las baterías proporciona 2V y que esos están dispuestos en serie, su número corresponde al cociente entre tensión de trabajo y el vaso
Capacidad (Cx/Ah)	Indica la cantidad de carga que se puede extraer de la batería en un determinado número de hrs a la temperatura de 25°C y hasta la tensión en sus bornes alcance el valor de 1.85 V por vaso o elemento
Capacidad útil	Indica la capacidad disponible que corresponde al producto de la capacidad nominal por la profundidad máxima de descarga permitida (PD máx.)
Estado de carga	Parámetro que representa el cociente entre la capacidad de la batería, generalmente parcialmente descargada, por la capacidad nominal.
Profundidad de descarga (PD)	Representa el cociente entre la carga extraída y su capacidad nominal. Este parámetro se cuantifica en (%)

Régimen de carga	Indica la relación ente la capacidad nominal y la intensidad de corriente a la que se realiza la carga o descarga
Ciclo de vida	Indicación que da el fabricante del número de veces que es posible cargar completamente la batería durante su vida útil
Autodescarga	Es referido a la pérdida de energía que experimentas las baterías cuando están inactivas.

Fuente: Elaboración propia basado en Hernández y Martínez (2007)

En la actualidad los tipos de baterías que se pueden encontrar son (Oncioiu, 2013):

Batería tipo célula inundada: De tipo ácido abierto, este el tipo de batería requiere de agua destilada para que los electrodos de la batería estén completamente sumergidos en el electrolito.

Batería sellada / de tipo gel: Son baterías estacionarias sin mantenimiento. Produce poco oxígeno porque inmovilizada de electrolito mediante su electrolito gelificado y la estera de vidrio absorbido tipo. Es importante aclarar que las baterías de plomo ácido sin mantenimiento y selladas, también se denominan baterías de ácido plomo (VRLA) reguladas por válvulas o baterías electrolíticas de plomo ácido

Baterías gelificadas: Son baterías hechas de gel para evitar un derramen del ácido sulfúrico. Su adición de dióxido de silicio al electrolito forma líquido caliente que se agrega a la batería y se convierte en gel después del enfriamiento. El hidrógeno y el oxígeno producidos durante proceso de carga son transportados entre negativo a través de las grietas y vacíos en el gelificado electrolito durante el proceso de carga y descarga.

Batería Absorbido GAS MAT [AGM]: Son en forma de masas esponjosas e incorpora válvulas de protección para aumentar su vida útil. En las baterías de AGM, las esteras de vidrio están emparedadas y estas placas de vidrio absorben el electrolito

6.3.3 Inversores para sistemas fotovoltaicos

Los inversores solares, también llamados inversores atados a la red, convierten la electricidad de corriente continua (CC) producida por sus paneles fotovoltaicos solares a corriente alterna (CA) con una salida de 127 +o 240 a 60Hz, para que se puede utilizar en su hogar y exportado de nuevo a la red. Esta herramienta también garantiza el cumplimiento de las normas sobre la alimentación de electricidad a la red, por ejemplo desconectando inmediatamente si hay un corte de energía y maximizando la producción de electricidad variando constantemente su resistencia (carga) (Energy saving Trust, 2015).

Según Abella (2004) se clasifica en tres los tipos de inversores: inversores centrales, inversores de cadena e Inversores de módulo de CA/ multi-cadena. A continuación, se describe cada uno (Ver ilustración 23).

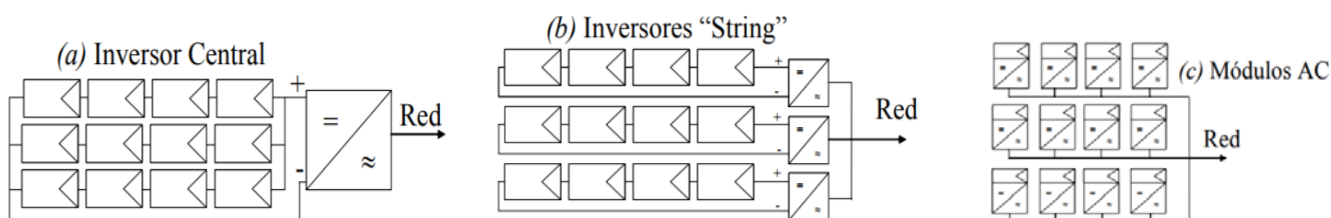
Inversores centrales: Los inversores centrales se utilizan comúnmente en el PV de gran escala instalaciones, con una gama de potencia de 20-400 kW, la conversión está centralizada en un inversor común. Fueron originalmente desarrolladas para las primeras aplicaciones conectadas a la

red, pero han sido sustituidos por inversores auto conmutados que utilizan transistores bipolares de puerta (IGBT), o transistores de efecto de campo (FET) para baja potencia.

Inversores de cadena: El inversor de cadena se introdujo en el Mercado europeo en 1995. Los inversores de cadena se basan en un modular, en el que los conjuntos de cadenas PV están conectados a inversores en la gama de potencia 1-3 kW, para alimentar la CA en una configuración paralela.

Inversores de módulo de CA y multi-cadena: Este concepto proponen un enfoque intermedio entre inversores de cadena y módulos de CA. Inversores de múltiples cuerdas 14-15 contienen, en una unidad, varios sistemas DC-DC independientes y convertidores de seguimiento de potencia máxima, que alimentan la energía en un inversor DC-AC (es decir, potencia nominal, número de módulos en cada cadena, fabricante y así sucesivamente).

ILUSTRACIÓN 18. Clase de inversores.



Fuente: Tomado de Abella (2013)

Las especificaciones que refieren los inversores se muestran en la siguiente Tabla 8.

TABLA 10. Especificaciones de inversores.

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
Forma de onda	Referido a la forma de onda de salida, la cual puede ser senoidal o semisenoidal.
Tensión nominal de entrada	Valor de la tensión continua a la entrada del inversor
Tensión de operación.	Margen de la tensión de entrada que admite el inversor
Tensión de salida	Valor nominal de tensión alterna de salida. Puede indicarse como complemento el porcentaje de desviación del valor nominal.
Frecuencia	Valor de frecuencia de la corriente alterna a la salida

Corriente nominal de entrada	Corriente consumida por el circuito de entrada a la potencia nominal de salida
Corriente nominal de salida	Corriente que proporciona el circuito de salida alterna
Potencia nominal de salida	Calor de la potencia nominal en régimen de funcionamiento continuo del circuito de salida del inversor, el cual corresponde al producto entre la tensión y la corriente nominal de salida
Rendimiento	Indicación en (%) del rendimiento del inversor, el cual corresponde al cociente entre las potencial de salidas y entradas
Potencia de sobrecarga o de pico	Valor de la potencia de salida superior a la nominal durante un tiempo especificado.
Resistencia al cortocircuito	Indicación del tiempo máximo de cortocircuito de la tensión de salida que admite el inversor
Factor de carga	Indicadores del cos de la carga que admite
Consumo en reposo (stand by)	Consumo de corriente del circuito de entrada con el de salida, sin carga

Fuente: Elaboración propia basado en Hernández y Martínez (2007)

7 DIAGNOSTICO DE LAS ZONAS VULNERABLES Y FACTIBLES

Como parte de la metodología adicionalmente en el presente capítulo se presenta una descripción general de los territorios en los cuales se realizará el estudio de capacidad y calidad energética en Colombia, tomando como base los datos obtenidos por la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, con el fin de determinar la zona de estudio para la implementación de andenes solares.

7.1 DESCRIPCIÓN DE LA CAPACIDAD ENERGÉTICA DE COLOMBIA

Para el año 2010 la generación de electricidad en Colombia obtuvo un incremento mostrando resultados de 56.887,6 GWh, 1,6% por encima de la registrada en 2009 (55.965,6 GWh).("Energía Eléctrica", sin fecha).

Estos datos se dieron de acuerdo al fenómeno del Niño en el primer trimestre y del fenómeno de la Niña en el segundo semestre. A causa de esto se generó un impacto de cambio climáticos sobre los aportes hídricos al Sistema Interconectado Nacional, SIN, lo que llevó a finalizar un año en condiciones hídricas promedio, con aportes totales anuales de 52.302,1 GWh equivalentes al 106,9% del promedio histórico. Fue así como la generación térmica participó en la generación del SIN hasta en un 53,3% (enero de 2010) en pleno desarrollo de El Niño, mientras en el segundo semestre la participación bajó a promedios del 17% de la generación total. Al comparar la generación

de 2010 con el año 2009, se tiene que la generación térmica tuvo un incremento del 7,6% mientras que la generación hidráulica decreció en un 1,6% (“Energía Eléctrica”, sin fecha).

Para poder cumplir con la demanda de energía la capacidad efectiva neta instalada al 31 de diciembre de 2010 de 13.289,5 MW, distribuida así:

TABLA 11. Capacidad efectiva neta.

Recursos	MW	%	Variación (%) 2010 - 2009
Hidráulicos	8.525	64,1%	0,0%
Térmicos	4.089	30,8%	-6,3%
Gas	2.478		
Carbón	990		
Fuel - Oil	434		
Combustóleo	187		
ACPM	0		
Menores	620,6	4,7%	8,2%
Hidráulicos	518,8		
Térmicos	83,4		
Eólica	18,4		
Cogeneradores	54,9	0,4%	56,9%
Total SIN	13.289,5	100%	-1,5%

Fuente: XM Expertos en Mercados en UPME.

En la tabla anterior se observan los distintos métodos con los que se obtienen energía para cubrir las demandas que se requieren en distintas partes del país.

Por otro lado, la UPME se encuentra en el proceso de la elaboración del Plan Indicativo de Expansión de Cobertura para los períodos 2013-2017 descrita en el documento, que hace referencia al Decreto 388 de 2007, en el que sobresale el año 2012 la reglamentación del Decreto 1122 de 2008 se logró mediante resoluciones del MME 180465 de marzo de 2012 y 90066 de enero 2013. Con estas resoluciones se establecieron los parámetros que se deben seguir para la ejecución de los Planes de Expansión de Cobertura energética con una proyección a tres (3) años presentada por los Operadores de Red y que deben fundamentarse en las metas fijadas en el Plan Indicativo de Expansión de la Cobertura de Energía.

Tabla 12. Escenarios base necesidades de expansión en generación 2024

ESCENARIOS	SUPUESTOS	CONCLUSIONES
Escenario 1	Disponibilidad de recurso de expansión de generación definida en Colombia, planes declarados de expansión Centroamérica y Ecuador. Demanda alta y capacidad de transporte de 500MW a Ecuador y 300MW a Panamá	<ul style="list-style-type: none"> Costo marginal promedio de 50 US\$/MWh. Exportaciones promedio a Ecuador de 200GWh mes, sin embargo, estas se ven afectadas en el mediano plazo, notando un descenso en el 2017 por la entrada de proyectos hidroeléctricos Se presentaría un nivel de exportaciones hacia Centro América, incluso si la demanda es alta en Colombia Entre 2010 y 2024 se requerirían 1900MW adicionales a lo establecido por el cargo de Confianza

Escenario 2	Cocacodo en Ecuador (1500MW) fuera del periodo planeamiento, capacidad de transporte de 600 MW Panamá	<ul style="list-style-type: none"> • Colombia con vocación exportadora • Exportaciones a Ecuador serán 150 y 300 GWh por mes y a Centroamérica serán 150 y 450 Gwh mes • El costo marginal se ubicará cerca de los 60 US\$/MWh entre el 2015 al 2016
Escenario 3	Cocacodo en Ecuador (1500 MW) por fuera del periodo, capacidad transporte de 600 MW a Panamá, regasificación	<ul style="list-style-type: none"> • A ser un escenario de abastecimiento critico de gas, proyección de precios de este combustible contempla la incorporación de una planta de regasificación. En este sentido, aumenta el costo marginal.
Escenario 4	Cocacodo en Ecuador (1500 MW) por fuera del periodo, capacidad de transporte de 600 MW a Panamá. Retiro de centrales de Generación con más de 30 años de servicio	<ul style="list-style-type: none"> • El retiro de las centrales de generación implica mayores requerimientos de generación en el mediano plazo. El costo marginal del sistema alcanza 68 US\$/MWh. Entre el 2010 y el 2024 se requerirían 2050 adicionales a lo establecido por cargo de confiabilidad

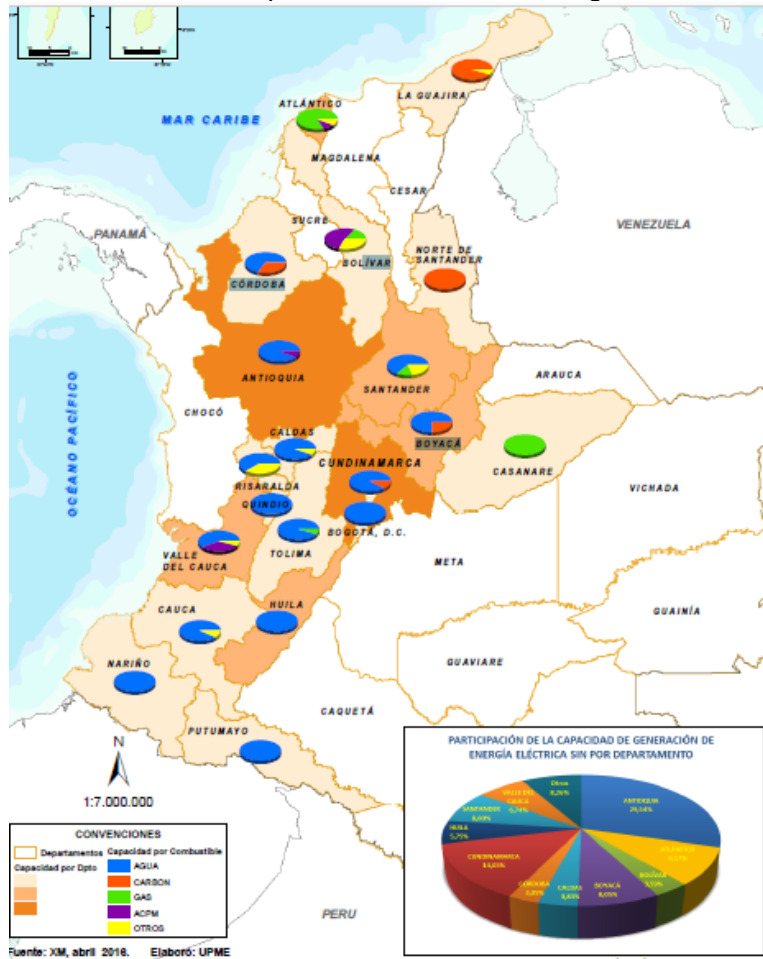
Fuente: elaboración propia basado en UPME

En la tabla que anterior se observa los recursos disponibles con los que se cuentan para la expansión de energía al año 2024, con los cuatros posibles escenarios teniendo en cuenta la capacidad y los costos requeridos.

7.2 COBERTURA ENERGÉTICA DE COLOMBIA

De acuerdo con los datos obtenidos por UPME muestra la capacidad energética a nivel nacional y el tipo de captación mostrado en la ilustración 24

Ilustración 19. Capacidad efectiva de energía eléctrica



Fuente: UPME XM, abril 2016

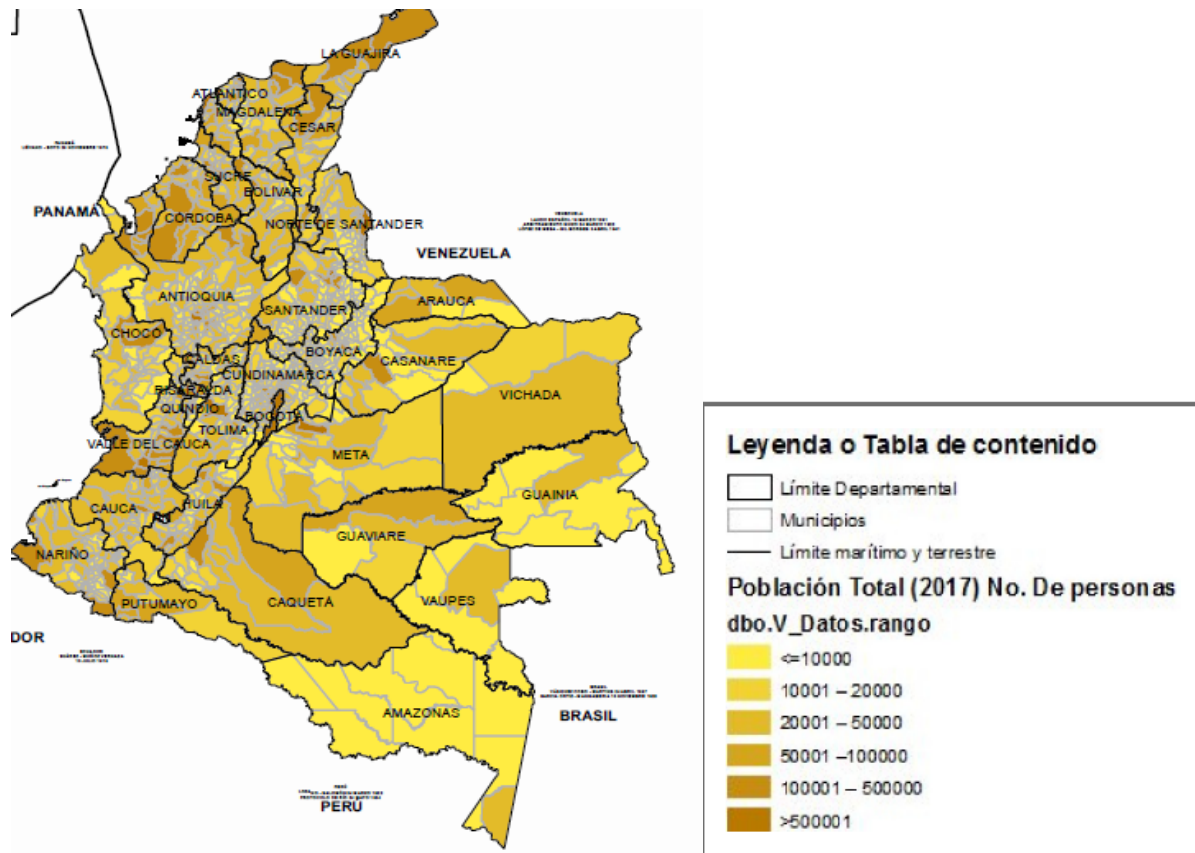
Con base en el anterior mapa se puede observar la capacidad energética distribuida por todo el país determinada por la intensidad del color naranja, según este análisis se observa que en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, seguidos por Santander, Boyacá, Risaralda, Valle del Cauca y Huila cuentan con buena capacidad energética por este motivo serán descartadas para el presente estudio. Por otro lado, en los departamentos del Meta, Caquetá, Guaviare, Guainía, Vichada, Sucre, Magdalena y Cesar la capacidad no es óptima como es requerida.

Además de eso en la figura anterior se observa que la mayor fuente de capacidad energética proviene del agua en los departamentos de Córdoba, Antioquia, Santander, Cundinamarca, Boyacá, Caldas, Risaralda, Quindío, Bogotá, Tolima, Valle del Cauca, Cauca, Huila, Nariño y Putumayo.

7.3 CANTIDAD POBLACIONAL DE COLOMBIA

Como parte final para el estudio, en el siguiente mapa obtenido por parte del SIG-OT en que se observa la cantidad poblacional, esto con el fin de realizar un mejor filtro de aplicación para el estudio.

Ilustración 20. Cantidad poblacional de Colombia



Fuente: SIG-OT

La información de la ilustración 25 en el anterior mapa muestra una mejor perspectiva de enfoque para el proyecto, ya que como se evidencia en la ilustración 1 los departamentos del Meta, Caquetá, Guaviare, Guainía, Vichada, Sucre, Magdalena y Cesar tienen baja capacidad energética, pero al observar el mapa poblacional de Colombia los departamentos ubicados en la región Orinoquia no muestran tanta población como lo muestra para la región del Caribe.

De acuerdo a la ilustración 2 (Mapa de radiación de Colombia) vista al inicio del presente documento, las zonas del Magdalena y Sucre cuentan con una radiación solar entre 5 y 6 kWh/m²; sin embargo, se analiza la cobertura total de energía entre Sucre y Magdalena obtenida por el SIG-OT para obtener una idea más acertada de la zona de estudio.

Tabla 13. Cobertura total de energía eléctrica.

Cobertura Total de Energía Eléctrica					
Año: 2012					
Expresión: (Número de viviendas que cuentan con el servicio de energía/ Total de viviendas en el municipio) * 100					
Unidad: Porcentaje					
Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética					
Código Dane	Departamento	Municipio	Área oficial KM2	Cobertura Total de Energía Eléctrica	Rango
47030	MAGDALENA	ALGARROBO	409	100	> 95
47053	MAGDALENA	ARACATACA	1755	88,16	70.1 - 90
47058	MAGDALENA	ARIGUANI (El Difícil)	1109	85,11	70.1 - 90
47161	MAGDALENA	ERRO DE SAN ANTON	184	90,97	90.1 - 95
47170	MAGDALENA	CHIVOLO	528	87,73	70.1 - 90
47189	MAGDALENA	CIENAGA	1366	97,26	> 95
47205	MAGDALENA	CONCORDIA	111	68,57	<= 70
47245	MAGDALENA	EL BANCO	816	87,34	70.1 - 90
47258	MAGDALENA	EL PINON	544	100	> 95
47268	MAGDALENA	EL RETEN	268	92,94	90.1 - 95
47288	MAGDALENA	FUNDACION	922	98,97	> 95
47318	MAGDALENA	GUAMAL	565	80,37	70.1 - 90
47460	MAGDALENA	NUEVA GRANADA	843	76,79	70.1 - 90
47541	MAGDALENA	PEDRAZA	312	75,08	70.1 - 90
47545	MAGDALENA	PIJINO DEL CARMEN	739	63,34	<= 70
47551	MAGDALENA	PIVIJAY	1636	95,37	> 95
47555	MAGDALENA	PLATO	1501	87,97	70.1 - 90
47570	MAGDALENA	PUEBLOVIEJO	691	72,68	70.1 - 90
47605	MAGDALENA	REMOLINO	611	81,37	70.1 - 90
47660	MAGDALENA	SABANA DE SAN ANGEL	1196	64,91	<= 70
47675	MAGDALENA	SALAMINA	175	98,93	> 95
47692	MAGDALENA	EBASTIAN DE BUENA	421	76,59	70.1 - 90
47703	MAGDALENA	SAN ZENON	238	90,08	90.1 - 95
47707	MAGDALENA	SANTA ANA	1120	77,25	70.1 - 90
47720	MAGDALENA	SANTA BARBARA DE PIN	502	85,65	70.1 - 90
47001	MAGDALENA	SANTA MARTA (Distrito Turísti	2369	99,69	> 95
47745	MAGDALENA	SITIO NUEVO	967	62,01	<= 70
47798	MAGDALENA	TENERIFE	491	81,05	70.1 - 90
47960	MAGDALENA	ZAPAYAN	353	83,45	70.1 - 90
47980	MAGDALENA	ZONA BANANERA	446	79,93	70.1 - 90
70110	SUCRE	BUENAVISTA	124	99,16	> 95
70124	SUCRE	CAIMITO	436	100	> 95
70230	SUCRE	CHALAN	80	100	> 95
70204	SUCRE	COLOSO	127	97,91	> 95
70215	SUCRE	COROZAL	272	100	> 95
70221	SUCRE	COVENAS	56	100	> 95
70233	SUCRE	EL ROBLE	201	93,01	90.1 - 95
70235	SUCRE	GALERAS	304	99,14	> 95
70265	SUCRE	GUARANDA	354	88,64	70.1 - 90
70400	SUCRE	LA UNION	234	100	> 95
70418	SUCRE	LOS PALMITOS	211	100	> 95
70429	SUCRE	MAJAGUAL	959	91,03	90.1 - 95
70473	SUCRE	MORROA	168	91,25	90.1 - 95
70508	SUCRE	OVEJAS	453	100	> 95
70523	SUCRE	PALMITO	174	98,36	> 95
70670	SUCRE	SAMPUES	209	100	> 95
70678	SUCRE	SAN BENITO ABAD	1592	82,18	70.1 - 90
70702	SUCRE	SAN JUAN DE BETULIA (Be	168	100	> 95
70708	SUCRE	SAN MARCOS	1012	100	> 95
70713	SUCRE	SAN ONOFRE	1089	92,41	90.1 - 95
70717	SUCRE	SAN PEDRO	223	100	> 95
70742	SUCRE	SINCE	487	97,9	> 95
70001	SUCRE	SINCELEJO	292	100	> 95
70771	SUCRE	SUCRE	1130	90,34	90.1 - 95
70820	SUCRE	TOLLU	282	99,93	> 95
70823	SUCRE	TOLLUVIEJO	280	100	> 95

Fuente: SIG-OT

De acuerdo a los datos obtenidos se observa que los Municipios de Sitio Nuevo, Pijiño del Carmen y Sabana de San Ángel ubicados de Magdalena, la capacidad energética es la más baja con valores de 62.01, 63.34, y 64,91 respectivamente. Por esto determinaremos estos lugares como posibles zonas de estudio para la implementación de los andenes solares en el apartado 5

8. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN ANDENES PEATONALES

Para la implementación de los andenes solares se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de criterios.

8.1 UBICACIÓN DEL PROTOTIPO DE CELDAS FOTOVOLTAICAS

De acuerdo al capítulo anterior se analizará la conformación del sistema en el Municipio de Sitio Nuevo en Magdalena y la calidad del espacio público con el que cuenta, esto con el fin de dar una mejor adaptación de los andenes para esta zona. Por este motivo se realizó el estudio del estado actual de la zona en cuanto a población y diseño urbano con el que cuenta.

El municipio de Sitio Nuevo Magdalena se localiza por la parte Noroccidental del departamento del Magdalena, entre los 10° 47' Longitud norte y los 74° 52' de Longitud oeste de Greenwich. Comprende una extensión de 967 Km² que equivale al 4% del área departamental y al 0.08% del total nacional, su altura sobre el nivel del mar es de 5 m, dista 126 Km. con la ciudad de Santa Marta (Capital del Departamento) y a 24.5 Km. del distrito de Barranquilla. (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2015)

Ilustración 21. Ubicación de sitio nuevo, magdalena.



Fuente: Shadowxfox (2012)

El territorio municipal limita al norte con el Mar Caribe, por el sur con el Municipio de Remolino, al Oriente con Pueblo Viejo y Occidente con el Río Magdalena; Su extensión total es de 98 Km², la altitud de la cabecera municipal se encuentra a 5 msnm, temperatura media de 30 C°. La densidad poblacional es de 2900 (Hab/Km²), el número de habitantes en la cabecera es de 12896 y en la zona rural es de 13971 para un total de 26867 (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2015).

Una vez se determinaron los datos generales se procedió a realizar el estudio actual del espacio público con el que cuenta Sitio Nuevo.

Ilustración 22 estado actual del espacio público entre calle 6 y carrera 4 sitio nuevo.



Fuente: Google Maps (2013)

Ilustración 23 estado actual del espacio público entre calle 7 y carrera 8 sitio nuevo



Fuente: Google Maps (2013)

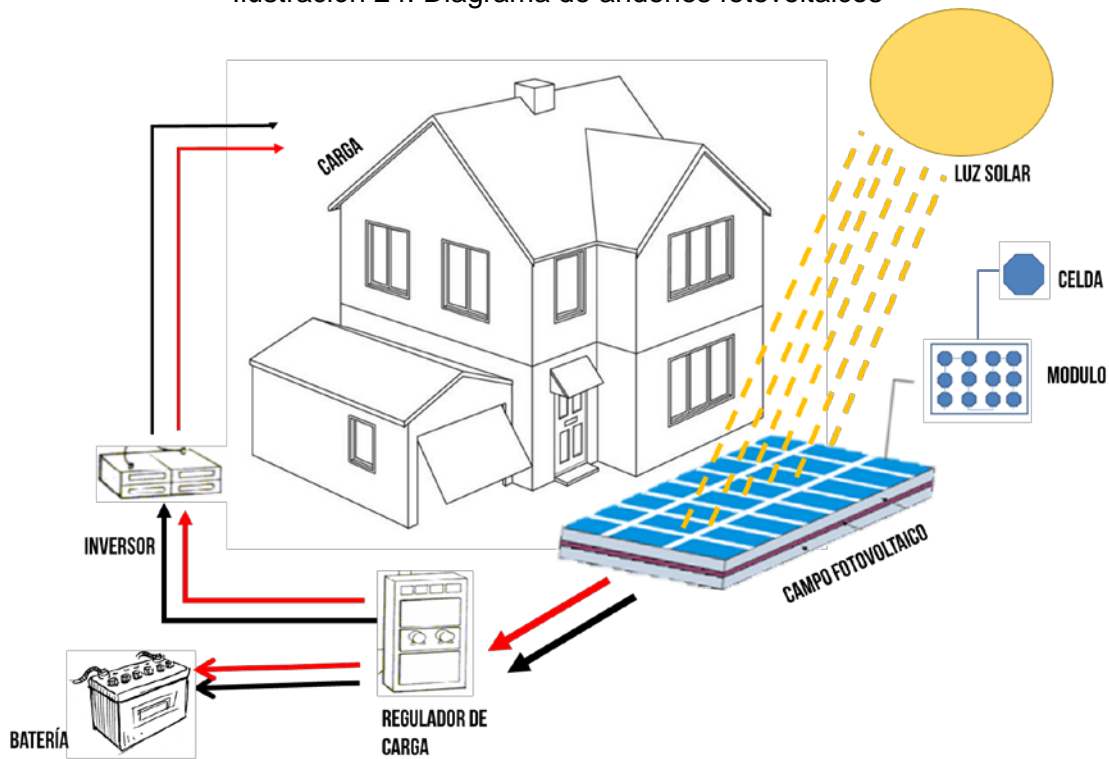
De acuerdo a las ilustraciones anteriores tomada por Google Maps se pueden observar el estado de las calles y el espacio público, en las cuales se evidencia que en ciertos sectores algunas de las casas cuentan con andenes que ha sido implementados por los propietarios y otros en los que no, por este motivo la implementación se realizó para los andenes ya existentes y para los que se construirán como nuevos.

De acuerdo al plan de desarrollo territorial de Sitio Nuevo cuenta con una cobertura eléctrica para el 62,01 % teniendo en cuenta la zona urbana y rural.

8.2 COMPONENTES PARA APLICACIÓN DE ANDENES FOTOVOLTAICOS

A continuación, se representa un diagrama con los componentes necesarios para la implementación de andenes fotovoltaicos en la ilustración 29.

Ilustración 24. Diagrama de andenes fotovoltaicos



Fuente: (Propia)

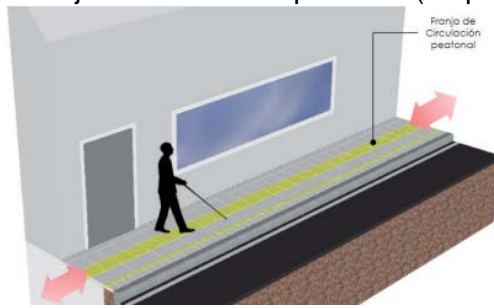
En la imagen anterior se observa la manera en la que la radiación solar llega a los paneles fotovoltaicos y de esta pasa al regulador de carga encargado de convertir la radiación solar en energía, guardándola en una batería que la almacena o directamente al inversor de carga encargado de pasar la corriente de 18 voltios a 110 voltios, para distribuir la energía en la casa y poder ser utilizada para los electrodomésticos que funcionan con dicho voltaje.

8.3 CAPACIDAD DE CARGA DE LOS ANDENES.

Partiendo del punto en el que los andenes conforman el sistema del espacio público para el tránsito de los peatones, ubicados paralelamente a las calzadas vehiculares, funcionados con otros elementos de espacio público, como lo son la red de ciclorutas y pasos de enlaces peatonales.

Es la franja funcional opcional localizada contra la línea de demarcación de los predios privados (lote o edificación). Permite garantizar la correcta composición de las demás franjas funcionales de acuerdo con las dimensiones típicas y el ancho total del tramo de andén a construir. Debe tener un ancho mínimo de veinte centímetros (20 cm.).

Ilustración 30. Franja de circulación peatonal (esquema educativo).



Fuente: Taller de espacio público.

Cuando el ancho de un tramo de andén sea variable, esta franja puede tener áreas de ancho de menos de veinte centímetros (20 cm.) y, en esas áreas, la franja de ajuste podrá ser construida en material no prefabricado.

Teniendo en cuenta los requisitos anteriores se implementaron los siguientes diseños teniendo en cuenta que las unidades de medidas están dadas en metros.

Ilustración 31. Corte transversal

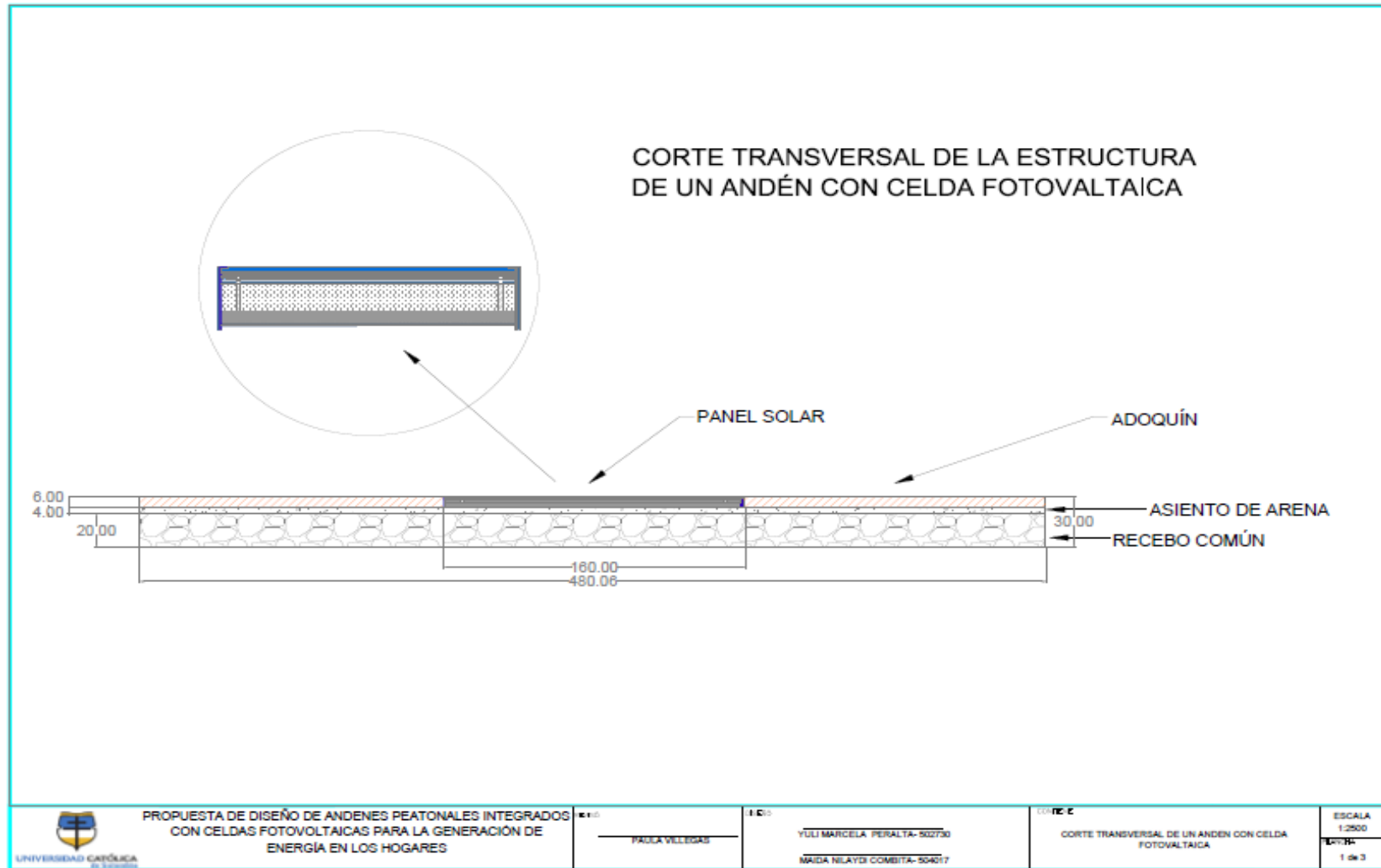


Ilustración 32. Detalle de celda y vista en planta.

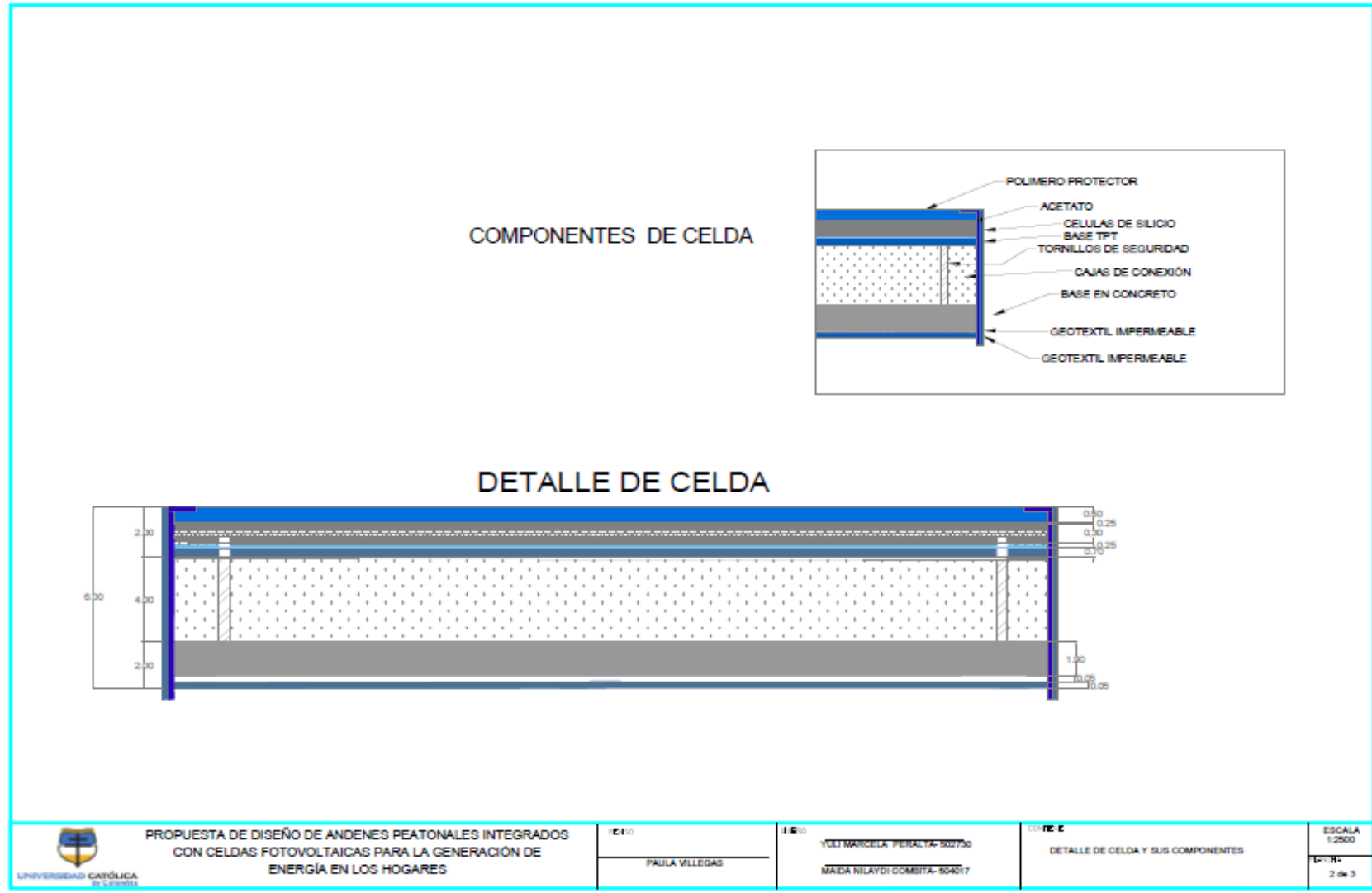
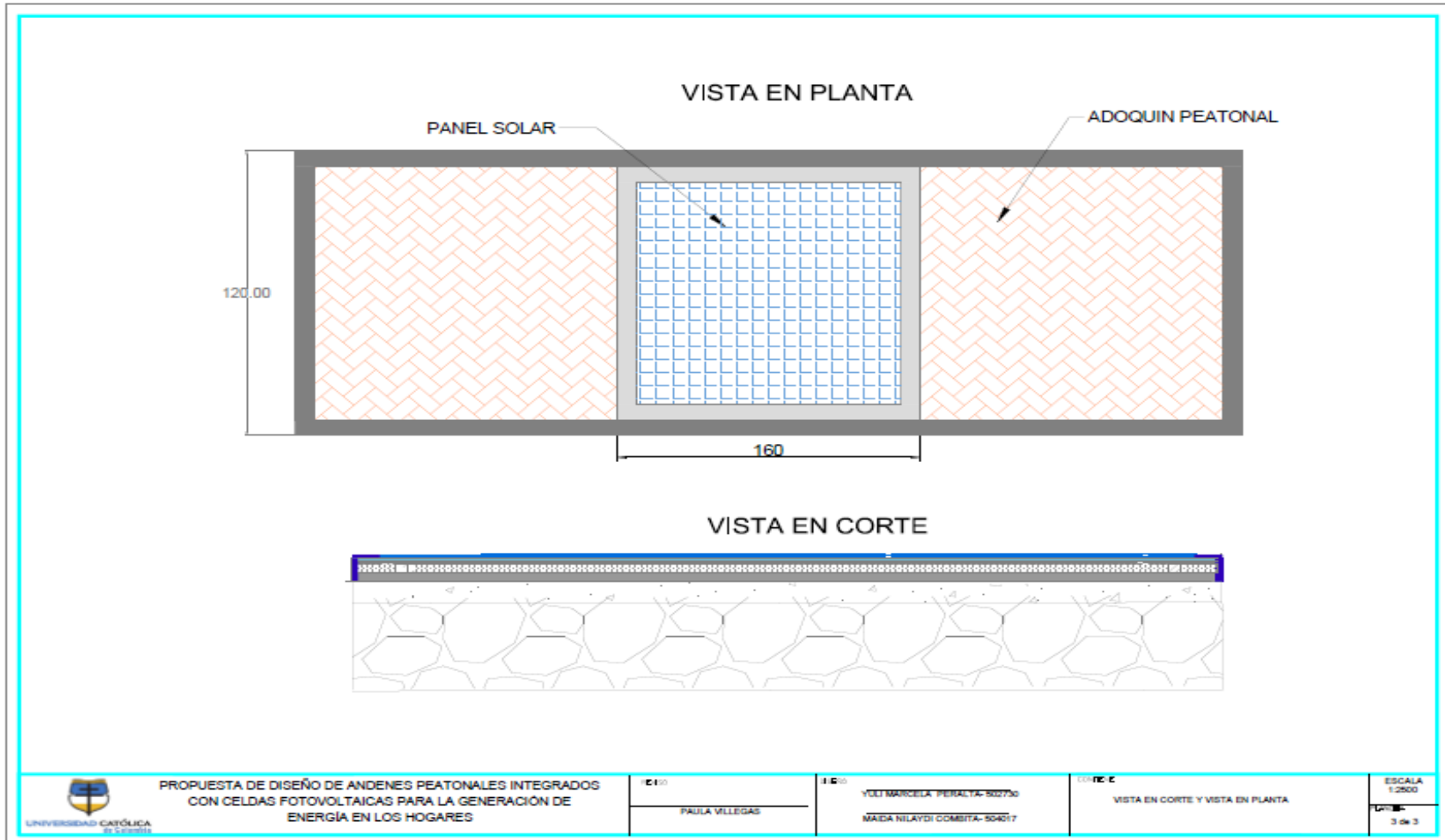


Ilustración 33. Vista en planta y vista en corte.



PROPUESTA DE DISEÑO DE ANDENES PEATONALES INTEGRADOS
CON CELDAS FOTOVOLTAICAS PARA LA GENERACION DE
ENERGIA EN LOS HOGARES

0100
PAULA VILLEGAS

0100
VULT MARCELA PERALTA-502750
MAIDA NILAYDI COMBITA- 504017

0100-0
VISTA EN CORTE Y VISTA EN PLANTA

ESCALA
1:2000
3 de 3

PLANOS.

En los planos anteriores se ilustra la distribución del andén con el panel fotovoltaico implementado, se logran observar las dimensiones en centímetros de cada una de las partes que componen el andén.

El primer plano, (ver ilustración 31) es un corte transversal del andén en el cual se ve en la parte inferior una base de recebo común posteriormente una capa de arena y sobre la misma por los lados el adoquín correctamente traslapados y en la parte central la estructura que soporta el panel solar.

En el segundo plano, (ver ilustración 32) en la parte superior se encuentra el detalle del panel con cada una de sus partes y abajo las dimensiones del mismo.

Por ultimo en el tercer plano, (ver ilustración 33) la vista en planta y el corte con la distribución del andén desde la base hasta la parte superior del panel solar.

Teniendo en cuenta los requerimientos para el diseño de un andén común se realizó la combinación junto con el panel solar, con capacidad de soportar las cargas requeridas, para el transito diario de peatones o bicicletas y a su vez genera energía para dos casas aproximadamente.

8.4 CAPACIDAD DE ENERGÍA SUMINISTRADA A CADA VIVIENDA SEGÚN SU NECESIDAD.

La capacidad energética está dada por la cantidad de población y la capacidad de suministro en Sitio Nuevo, teniendo en cuenta que su población es de 26.867 habitantes contando los situados en la cabecera y la zona rural (haciendo la aclaración que este proyecto fue pensado por el momento para la zona urbana), el consumo de energía para cada vivienda es de 15,2 a 17.2 (Kw/d) aproximadamente teniendo en cuenta que un panel de tiene la capacidad de absorber 19,2 (Kw/d) en un día en el que la radiación solar sea baja.

El cálculo realizado para llegar al resultado anterior es el siguiente:

$$E = P \cdot t = 300W \cdot 8h = 2400Wh = 2.4kWh$$

Donde

$$P = \text{Potencia} \rightarrow 300W$$

$$t = \text{tiempo} \rightarrow 8 \text{ horas promedio}$$

Realizando las investigaciones anteriores de determinada implementación de 2 a 3 celdas por andén, teniendo en cuenta la cantidad de hogares a abastecer y la longitud máxima de los tramos o de las aceras que se requiera construir.

9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ESTA IMPLEMENTACIÓN EN LOS ANDENES.

Teniendo en cuenta los conceptos básicos para el diseño de andenes, se tuvieron en consideración los tipos de franjas que se suelen implementar, como lo son la franja de seguridad del peatón (FS), Franja de paisajismo y mobiliario (FPM), Franja de circulación peatonal (FCP), Franja de ajuste a predios (FA) y franja de cicloruta a nivel de andén (FCA). La implementación se puede desarrollar sobre cualquier tipo de franja, sin embargo para este caso se desarrolló sobre las franja de seguridad del peatón (FS) y Franja de circulación peatonal (FCP) ya que son las más comunes y las más adaptables para las calles de este municipio. A su vez la generación de electricidad, se procede a realizar las siguientes especificaciones técnicas con el fin de que cumplan las necesidades requeridas.

- SENDEROS

Dependiendo del tipo de pendientes que se puedan presentar en el territorio de Sitio Nuevo se tomaron pendientes menores del 10%, iniciando por el diseño de los senderos se realizará el asentamiento sobre adoquines o losetas que se deberán asentar sobre una capa de arena de 4 cm de espesor, con el fin de que funcione como un pavimento articulado. Si se presentara el caso de manejar pendientes mayores al 10% las losetas o adoquines se asentaría sobre una capa de mortero para que trabaje de forma rígida.

Los datos anteriores fueron tomados del capítulo 14 (17.2) del manual de especificaciones técnicas, de diseño y construcción de parques.

- ADOQUIN

Para este caso el diseño se realizó con un adoquín tipo biselado de 16 x 24 cm con un espesor de 6 cm, las dimensiones de los adoquines pueden variar según el diseño arquitectónico siempre y cuando el tipo de adoquín que se implemente sea con bordes rectos, sin formas o curvas, con el fin de que empaten con los filos de las celdas.

También se tendrá en cuenta la capacidad de soporte con el que cuenta el adoquín, para este caso se tienen los siguientes datos tomados del fabricante.

TABLA 14. Capacidad de resistencia del adoquín.

Tipo de adoquín	Resistencia Mínima a la flexo-tracción promedio MPa (kg/cm ²)	Resistencia Mínima a la flexo-tracción para una muestra MPa (kg/cm ²)
Adoquín Tipo 1	5,00 (50,98)	4,20 (42,83)

- ASENTAMIENTO

Tanto para los adoquines o las losetas sentadas sobre arena o mortero la estructura del pavimento varía de acuerdo al tipo de suelo establecido de la siguiente manera:

Tabla 15 espesores de base y subbase.

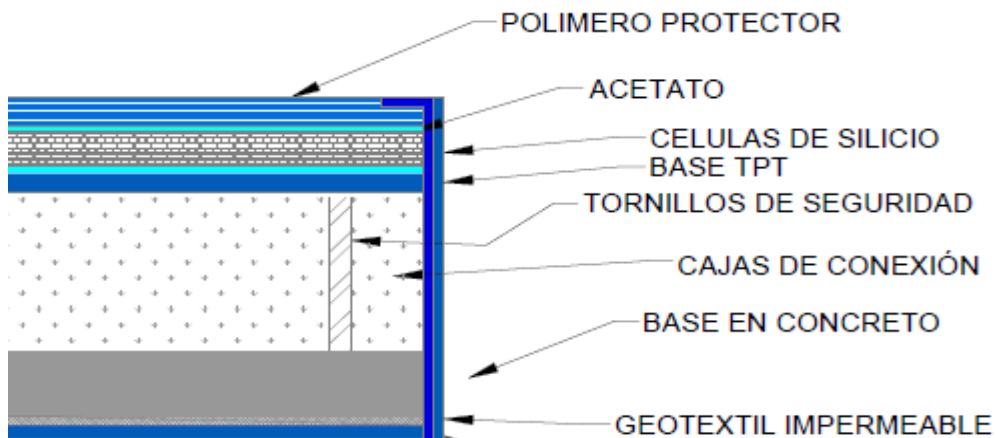
DESCRIPCIÓN	CBR	ESPESOR DE LA CAPA (cm)	
		subbase	base
Blando	menor que 3	20 cm	15 cm
Medio	de 3 a 5	15 cm	15 cm
Duro	mayor a 5		25 cm

Fuente: Tomada del IDU

Para el caso del diseño se tomó como referencia un suelo blando, por ese motivo cuenta con una subbase de 20 cm. En el momento de realizar la adecuación se contarán con los estudios de suelo que determinarán la estabilidad del suelo por medio de la toma de densidades con el fin de garantizar la estabilización del mismo y de esta manera evitar posibles hundimientos del panel. El panel trabajará en cualquier tipo de suelo ya sea duro o blando, siempre y cuando se apliquen los respectivos métodos constructivos. Dado el alcance de este trabajo no es posible hacer un análisis detallado sobre el suelo que compone este Municipio, además porque no se consideran estudios de suelo y tampoco visitas a la zona de estudio.

- CONFORMACION DE LA CELDA.

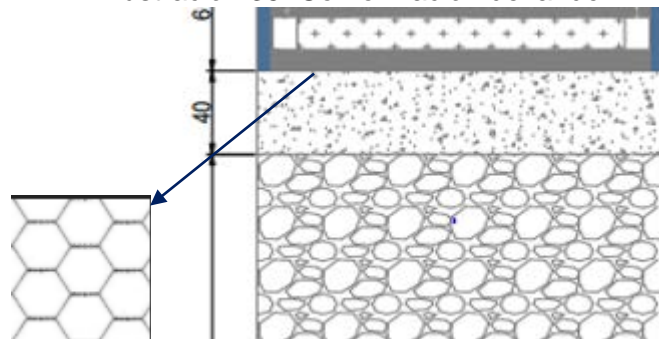
Ilustración 34. Conformación del panel.



Fuente: (Propia)

Para la conformación de las celdas con el andén se realizará de la manera más protegida posible, con el fin de evitar robos o filtraciones de agua.

Ilustración 35. Conformación del andén.



Fuente: (Propia)

Entre la capa de arena y la base de mortero se colocara una capa malla electro soldada con el fin de mejorar la estabilidad que se requiere, seguida de una capa impermeabilizante que evitara las posibles filtraciones de agua al sistema.

Seguido de este se subirá una capa de mortero con un espesor de 1 cm, con recubrimiento lateral ya que ese espacio se destinara para las cajas eléctricas que conforman los paneles solares

Por encima de estas cajas se suministra otra capa de 1 cm con la diferencia de que esta llevara los anclajes de seguridad, para reforzar la celda hacia el suelo.

Para la protección de las partes laterales se realizará con marcos de aluminio que resguardaran el panel en general.

Seguido de esta parte constructiva se procede con los elementos que conforman la celda de la siguiente manera:

- Base TPT: Capa posterior de Tedlar para protección del modulo
- Célula de Cilicio Policristalino: Elemento principal generador de energía.
- EVA (Etil Vinil Acetato): acetato protector.
- Polímero protector: Cristal templado de espesor de 5mm de transparencia óptica encargado de la protección externa de las celdas, siendo este el elemento que quedara a la intemperie soportara las condiciones climáticas, como el polvo, agua entre otros agentes.
- Cajas de conexión: estas cajas serán de aluminio que protegerán las conexiones encargadas de que los paneles produzcan la energía.

Cabe recalcar que una celda de este tipo y de estas dimensiones alcanzan a soportar un peso de 113 toneladas.

Es necesario aclarar que estos elementos serán entregados y ensamblados por el fabricante,

nosotros nos encargaremos de realizar el empalme con el andén de tal manera que quede con la funcionalidad y protección requerida.

- IMPERMEABILIZACION: teniendo en cuenta las posibles filtraciones que se puedan presentar se suministrarán capas impermeabilizantes por las partes laterales y al fondo con el fin de evitar daños en el sistema.
- REDES DE ALCANTARILLADO O GAS: si en alguna circunstancia se presentaran redes de alcantarillado o de gas, dichas tuberías no afectarían con el montaje de la celda ya que dichas redes estarán enterradas a una profundidad.

10. COSTOS Y BENEFICIOS QUE TRAERÁ DICHA IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo encontraremos de forma específica los costos en los que se incurrirá al implementar el sistema y por ende los beneficios que podrá tener con el sistema implementado en sus viviendas.

10.1. Beneficios

Diferentes estudios realizados en el mundo han analizado alternativas operacionales y los costos actuales respecto a los que ha generado el uso de la energía convencional. Así mismo los beneficios que han traído las plantas existentes de ISCC (Central de Ciclo Combinado) en países como Egipto, España y Argelia que analizó el uso de la energía solar integrando 51 plantas de NGCC. Se concluyó que la tecnología de ISCC mejora el rendimiento y la reducción de emisiones de CO² (Jubran, 2015).

El estudio “Centrales integradas de energía solar de ciclo combinado: allanando el camino para la energía solar térmica”, buscó identificar el impacto económico y en especial los beneficios medioambientales que trae la reducción de combustibles fósiles y la emisión de gases. Al implementar este sistema dependiendo de la ubicación, los resultados muestran la capacidad del ISCC del 3 al 90% y costo de electricidad el LCEO (costo nivelado de electricidad) sin ayuda de la capacidad de la ISCC se encuentra en el rango de 170-390 (\$/MW h). en que han incrementado de \$ 4.52 / MMBtu en 2014 a \$ 13.82 / MMBtu es fácil inclinar la favorabilidad hacia las ISCC (Demenkova, Korzhova y Phinenko, 2017).

Los principales criterios a evaluar para determinar la factibilidad de aplicar un panel solar son “Los principales criterios prioritarios se determinan como eléctrico (50,5%), mecánico (23,5%), financiero (13,8%), cliente (7,7%) y medioambientales (4,5%)”. Como siguiente paso en la fase de evaluación de costos se determinan tres subcriterios: el costo por vatio, el costo total de inversión y apoyo estatal disponible. Los factores ambientales también son considerados a la hora de la fabricación de este sistema teniendo en cuenta los efectos del proceso de fabricación del material. Teniendo en cuenta las prioridades mecánicas globales de los paneles, P6 “es una vez más el mejor panel que más contribuye al objetivo general de seleccionar el mejor panel solar. Las prioridades financieras de los paneles indican que P4 tiene la mayor prioridad global en términos de consideraciones financieras” (Balo y Şağbanşua, 2016)

Teniendo en cuenta esos criterios se han creado el método AHP que se compone de un “sistema de evaluación de paneles solares, que incluye los componentes eléctricos, mecánicos, económicos, cliente y medio ambiente” (banşua, 2016).

En la Tabla 14. -se procede a elegir los elementos primarios para elaborar el diseño de andenes fotovoltaicos teniendo en cuenta que su uso será para una vivienda unifamiliar de una o dos plantas. En dicha tabla se encuentran valores promedio (de cada uno de los productos), que se obtuvieron luego de una visita a los almacenes que ofrecen este tipo de productos en la ciudad de Bogotá (Colombia)

Tabla 14. Componentes y costos

Componente	Justificación	Cantidad	Valor
Celda	La celda con la que se realizó el diseño fue la policristalina, ya que cumple con los requisitos establecidos la carga necesaria.	1	\$938.000
Controlador de carga	Regula la intensidad de energía.	1	\$110.000
Inversor	Es el encargado de convertir la energía de 12-18 voltios a 110 voltios, esto con el fin de que permita la conexión a electrodomésticos que funcionan con este voltaje, como por ejemplo los ventiladores, neveras, televisores entre otros elementos necesarios.	1	\$150.000
Batería	Almacenara la energía que reciba del durante el día, para ser utilizada con posterioridad.	1	\$100.000
Caja de conexiones	Se encarga de realizar el empalme entre el sistema de energía solar a las conexiones en el interior de la vivienda.	1	\$85.000

10.2 COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN.

Teniendo en cuenta las cantidades que se deben suministrara, se obtuvieron los siguientes valores, con los que se realizara el análisis de precios unitarios.

Tabla 15. Actividades a realizar para la implementación.

ACTIVIDADES	ANCHO	LARGO	PROFUNDIDAD	UNIDAD	TOTAL	OBSERVACIÓN
Excavación Manual en tierra.	1,2	48,0	0,30	M3	17,28	
Relleno en arena	1,2	48,0	0,04	M3	2,304	
Suministro y transporte y colocación de base en material	1,2	48,0	0,20	M3	11,52	
Panel Solar	1			UND	1	
Adoquin de cemento	1,2	48,0	19,2	M2	38,4	Se descuenta el area del panel

Tabla 16. APU Excavacion manual.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA					
Item	Descripción			Unidad	Cantidad
1,1	Excavación Manual en tierra.			m3	17,28
1. Equipo					
Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario
Herramienta menor	0	0	\$ 80.000	0,0872	\$ 6.976
					\$ 0
					\$ 0
SUBTOTAL					\$ 6.976
2. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr Unitario	
				\$ 0	
				\$ 0	
SUBTOTAL					\$ 0
3. Transportes					
Material	M. o Pe	Distancia	m2 o Ton/Km	Tarifa	Vr. Unitario
Volqueta	0	0	0	\$ 0	\$ 0
SUBTOTAL					\$ 0
4. Mano de Obra					
Trabajador	Jornal		Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario
Cuadrilla 10-1A	\$ 65.000		\$ 0	0,01	\$ 0
SUBTOTAL					\$ 0
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 6.976
AIU CONTRACTUAL 26%				TOTAL COSTO INDIRECTO	\$ 1.814
VALOR TOTAL ACTIVIDAD					\$ 8.790
VALOR RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD					\$ 151.887

Tabla 17. APU Relleno en arena.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA						
Item	Descripción				Unidad	Cantidad
1,2	Relleno en arena				m3	2,30
1. Equipo						
Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario	
Herramienta menor	0	0	\$ 500	0,1	\$ 50	
Vibro compactador		Rana 10 hp	\$ 10.060	60	\$ 603.600	
SUBTOTAL					\$ 603.650	
2. Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr Unitario		
Material seleccionado tipo arena	m3	0,08	\$ 25.000	\$ 2.000		
Reducción por compactación	%	0,08	\$ 25.000	\$ 2.000		
Agua	lts	80	\$ 15.000	\$ 1.200.000		
SUBTOTAL					\$ 1.204.000	
3. Transportes						
Material	Pl. o Pe	Distancia	m2 o Ton/Km	Tarifa	Vr. Unitario	
Volqueta	0	0	0	\$ 9.800	\$ 0	
SUBTOTAL					\$ 0	
4. Mano de Obra						
Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario		
Cuadrilla 10-1A	\$ 70.749	\$ 0	0,10	\$ 0		
SUBTOTAL					\$ 0	
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 1.807.650	
AIU CONTRACTUAL 26%				TOTAL COSTO INDIRECTO	\$ 469.989	
VALOR TOTAL ACTIVIDAD					\$ 2.277.639	
VALOR RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD					\$ 5.247.680	

Tabla 18. APU Base de material granular

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA						
Item	Descripción				Unidad	Cantidad
1,3	Suministro y transporte y colocación de base en material granular, según especificación				m3	11,52
1. Equipo						
Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario	
Herramienta menor	0		\$ 50	1	\$ 50	
Cilindro Galion con Rodillo Matic			\$ 135.000	0,0333	\$ 4.496	
Motoniveladora			\$ 140.000	0,0333	\$ 4.662	
Carrotanque			\$ 100.000	0,0167	\$ 1.670	
					\$ 0	
SUBTOTAL					\$ 10.878	
2. Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr Unitario		
Material seleccionado tipo SBG-A	m3	1	\$ 23.000	\$ 23.000		
Reducción por compactación	%	0,3	\$ 23.000	\$ 6.900		
				\$ 0		
SUBTOTAL					\$ 29.900	
3. Transportes						
Material	Pl. o Pe	Distancia	m2 o Ton/Km	Tarifa	Vr. Unitario	
Volqueta	0	0	0	\$ 9.800	\$ 12.740	
SUBTOTAL					\$ 12.740	
4. Mano de Obra						
Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario		
Cuadrilla 10-1A	\$ 70.749	\$ 0	0,10	\$ 0		
SUBTOTAL					\$ 0	
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 53.518	
AIU CONTRACTUAL	26%			TOTAL COSTO INDIRECTO	\$ 13.915	
VALOR TOTAL ACTIVIDAD					\$ 67.432	
VALOR RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD					\$ 776.817	

Tabla 19. APU Panel solar

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA						
Item	Descripción				Unidad	Cantidad
1,4	PANEL SOLAR				m3	2,00
1. Equipo						
Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario	
Herramienta menor	0		\$ 50	1	\$ 50	
					\$ 0	
					\$ 0	
					\$ 0	
					\$ 0	
SUBTOTAL					\$ 50	
2. Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr Unitario		
Celda	UND	1	\$ 938.000	\$ 938.000		
Controlador de carga	UND	1	\$ 110.000	\$ 110.000		
Inversor	UND	1	\$ 150.000	\$ 150.000		
Batería	UND	1	\$ 100.000	\$ 100.000		
Caja de conexiones	UND	1	\$ 85.000	\$ 85.000		
				\$ 1.383.000		
3. Transportes						
Material	U. o Pe	Distancia	m2 o Ton/Km	Tarifa	Vr. Unitario	
Volqueta	0	0	0	\$ 9.800	\$ 12.740	
SUBTOTAL					\$ 12.740	
4. Mano de Obra						
Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario		
Cuadrilla 10-1A	\$ 70.749	\$ 0	0,10	\$ 0		
				SUBTOTAL		
				TOTAL COSTO DIRECTO		
				\$ 1.395.790		
AIU CONTRACTUALI 26%				TOTAL COSTO INDIRECTO		
				\$ 362.905		
				VALOR TOTAL ACTIVIDAD		
				\$ 1.758.695		
				VALOR RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD		
				\$ 3.517.391		

Tabla 20. APU Adoquín de cemento

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA						
Item	Descripción				Unidad	Cantidad
1,5	Adoquin de cemento				m2	38,40
1. Equipo						
Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario	
Herramienta menor		%	\$ 500	1	\$ 500	
Plancheta vibro compactadora		hora	\$ 15.060	0,25	\$ 3.765	
Descague y moviento de losate en la		gl			\$ 3.000	
					\$ 0	
					\$ 0	
SUBTOTAL					\$ 7.265	
2. Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr Unitario		
Adoquin peatonal tipo biselado de 16 x 24	m2	1	\$ 44.191	\$ 44.191		
Arena fina	m3	0,06	\$ 2.400	\$ 144		
SUBTOTAL					\$ 44.335	
3. Transportes						
Material	vl. o Pe	Distancia	m2 o Ton/Km	Tarifa	Vr. Unitario	
Volqueta	0	0	0	\$ 9.800	\$ 12.740	
SUBTOTAL					\$ 12.740	
4. Mano de Obra						
Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario		
Cuadrilla 10-1A	\$ 70.749	\$ 121.771	0,10	\$ 12.177		
SUBTOTAL					\$ 12.177	
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 76.517	
AIU CONTRACTUAL	26%			TOTAL COSTO INDIRECTO	\$ 19.894	
VALOR TOTAL ACTIVIDAD					\$ 96.412	
VALOR RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD					\$ 3.702.203	

Teniendo en cuenta los anteriores datos, se puede observar que de acuerdo al valor de las actividades y la cantidad que se va a realizar se generó una tabla resumen:

Tabla 21. Valor total del andén

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1,1	Excavación Manual en tierra.	\$ 151.887
1,2	Relleno en arena	\$ 5.247.680
1,3	Suministro y transporte y colocación de base en material granular, según especificación	\$ 776.817
1,4	Panel Solar	\$ 3.517.391
1,5	Adoquin de cemento	\$ 3.702.203
COSTO TOTAL:		\$ 13.395.979

De acuerdo a la tabla anterior y las cantidades determinadas con las que se realizó el andén, el valor de la inversión inicial sería de \$ 13.395.979 Teniendo en cuenta los métodos constructivos del andén y del panel.

Por otra parte analizamos que en los valores obtenidos podrían generarse valores altos, esto debido a la implementación del panel con el andén, pero también se debe tener en cuenta que aunque la inversión sea alta, los beneficios económicos se verán a través del tiempo.

11. ANALISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se procede a analizar los resultados que se obtuvieron de acuerdo a las investigaciones realizadas acerca de las tecnologías en celdas fotovoltaicas que se suelen usarse para la implementación de andenes solares, obteniendo como resultado que para el presente proyecto la celda más apta para la implementación son las celdas policristalinas, ya que su geometría, dimensiones, costos, calidad y eficiencia son la requeridas para lograr un proyecto optimo y de esta manera cumplir con los requerimientos técnicos. Por otro lado un factor determinante en la elección del tipo de celda fue la facilidad de adquisición y la disponibilidad en el mercado de diferentes tamaños del panel policristalino, en comparación con los otros tipos de paneles analizados.

Por otro lado también se analizó el lugar en donde la construcción de los andenes solares trajera más beneficios a una comunidad, teniendo en cuenta que la cobertura energética en el municipio de Sitio Nuevo en Magdalena es de solo el 62.01% adicional a esto las viviendas en su gran mayoría son estrato 1 – 2 y cuenta con un alto nivel de radiación solar entre 5 y 6 kWh/m².

Se definió el método de construcción de los andenes en adoquín, con una base granular en la parte más baja segundo de una capa de arena y sobre esta en los laterales del panel solar el adoquín debidamente colocado, por debajo del panel deberá ir una base en concreto reforzado con malla electrosoldada y posteriormente un geotestil impermeabilizante, después la celda fotovoltaica y sobre la misma una capa de polímero para protección de la celda del tránsito peatonal, posibles golpes e incluso de robo, en los laterales de la celda deberá ir una lámina de aluminio.

En cuanto a los costos se logró comprobar que el mayor valor es generado de la excavación de los andenes de \$ 6.439.088, debido a que se deberá realizar de forma manual, haciendo que se aumenten los tiempos de mano de obra, el segundo valor más significativo es el del sistema solar de \$ 3.517.390,800, que cuenta con el panel fotovoltaico, la batería, el inversor y demás, por ultimo está el valor del relleno en arena de \$ 3.355.075. Al totalizar costos se evidencia un valor elevado para la inversión inicial, pero es bueno aclarar que a largo plazo con el ahorro en la factura de energía se logra recuperar el valor de la inversión.

Si el consumo promedio de la vivienda es inferior a los 2.4kWh, el análisis de producción de energía eléctrica mediante el sistema de paneles solares permite independizar la casa del sistema tradicional de energía eléctrica. Sin embargo, se recomienda mantener la conexión tradicional para prever posibles falencias en el sistema de generación solar.

Por otra parte una de los propósitos a nivel mundial es mejorar los sistemas de generación de energía actuales en los que se ha visto deteriorado el ecosistema, por ese motivo este proyecto aporta posibles soluciones de mejora desde el punto constructivo beneficiando un impacto ambiental que cada vez es más alto, ayudando a comunidades de bajos recursos e innovando en los espacios públicos convencionales.

Tabla 22. Matriz DOFA

Componente	Debilidades	Fortalezas	Amenazas	Oportunidades	Estrategias
Ambiental	Generación de residuos de construcción	Las celdas solares generan una fuente limpia para la obtención de energía	Los residuos que se generen no se dispongan óptimamente.	Se mejorara la manera de obtener energía de esta manera se disminuirán varios impactos negativos que se tiene por la energía tradicional.	Los residuos generados sean dispuestos en otras alternativas de construcción.
Social	Probabilidad de hurto	<ul style="list-style-type: none"> • Será un beneficio para la comunidad, y la mejora de calidad de vida. • Servicio de energía constante. • Podrá ser referente para nuevas iniciativas. 	No se pueda abarcar gran cantidad de población.	<p>.Sera un bien común para toda la comunidad.</p> <p>.Inclusión social.</p> <p>.Valorización predial.</p>	Sensibilización al cuidado de los paneles y del espacio público.
Económico	Costo de inversión alta.	La inversión será compensada atreves del tiempo	Que no se pueda compensar la inversión por daños o hurtos	El costo energético será más económica con esta implementación.	Se mejoraran los métodos constructivos al pasar el tiempo.

Implementación física	El tiempo de construcción puede ser demorado	Se diseño es llamativo e innovador	No cumple con las expectativas de los ciudadanos.	Se mejorara un espacio público que no existe hasta el momento <ul style="list-style-type: none"> Riesgo mínimo en comparación a comparación con la red tradicional. 	Se mejorará la implementación conforme a las necesidades de la gente.
------------------------------	--	------------------------------------	---	--	---

Fuente: Propia.

CONCLUSIONES

- Para la caracterización y la selección del panel más apto es necesario realizar un reconocimiento previo de cada una de las tecnologías, ya que cada una cumple con una dicha capacidad, tienen distinto método de distribución en el mercado, además que la capacidad de carga en unas son más eficientes que en otras. Para este caso se describieron distintos tipos de celdas como las policristalinas, monocristalina, orgánicas entre otras encontrando que la más apta para la implementación es la celda policristalina. Para el diseño de los andenes se tuvieron en cuenta las cargas y los elementos climáticos a los que podían ser sometidos tales como lluvias, poca radiación e incluso infiltración de agua, teniendo en cuenta los métodos constructivos comunes con los que se realiza un andén. Sin embargo se agregó el complemento del panel solar y que de esta manera se trabajara en manera conjunta.
- Fue necesario realizar un estudio previo de la población a la cual se iba a beneficiar, teniendo en cuenta la capacidad de radiación solar y la cantidad de población del municipio a la cual se beneficiaría. Encontrando que el municipio de Sitio Nuevo Magdalena es el que se vería más beneficiado con la implementación.
- Al establecer las especificaciones técnicas para que el suelo quede bien compactados y cumpla con las densidades. El tipo de adoquín apto para que se complemente con la forma de la celda, a su vez todas las posibilidades para la protección del sistema, no solo para evitar posibles filtraciones de agua, si no también evitar los posibles robos que se puedan presentar.
- Para la determinación de los costos, se trató de realizar de tal manera que cumpliera con la calidad requerida, pero a su vez teniendo en cuenta que este será un servicio para personas vulnerables o de bajos recursos, por este motivo se trata de realizar un andén básico, cumpliendo con las normas estructurales necesarias, de esta manera se concluye que la inversión de los andenes sería alta para la inversión inicial, pero es un costo que será remunerado con el tiempo.
- Por otra parte se garantizara el servicio de energía eléctrica para las viviendas, lo cual resulta muy alentador teniendo en cuenta la mala calidad de los prestadores del servicio por mecanismos convencionales.
- Los propietarios de las viviendas en las que funcionen los andenes solares podrán incrementar el valor de su vivienda y mejorar su calidad de vida.
- Por ultimo logra una reducción en el impacto ambiental, teniendo en cuenta que la energía obtenida de forma convencional por medio de termoeléctricas e hidroeléctricas ataca directamente al medio ambiente con la construcción de grandes estructuras generadoras de energía,

RECOMENDACIONES

Se sugiere la implementación de un sistema de recolección y almacenamiento de la energía eléctrica proveniente de los paneles solares. Dicho sistema se encargará de distribuir la totalidad de la energía adquirida, de manera equitativa entre los usuarios del sistema. El mencionado sistema consiste en un banco de baterías donde se almacena la energía proveniente de cada uno de los paneles, y adicionalmente cuenta con un dispositivo de control y distribución que envía a cada casa un parte igual de la energía eléctrica disponible.

Con el fin de garantizar el usufructo de los andenes, al que tienen derecho todos los ciudadanos, se sugiere que en una calle se implemente el sistema para todas las viviendas, distribuyendo en partes iguales los costos de la red externa (que incluye los elementos de almacenamiento, regulación y distribución) del sistema de generación de energía eléctrica con paneles solares, así como su posterior mantenimiento y reparación.

Los propietarios de las viviendas asumirán de manera individual el costo de la construcción del andén presente en el frente de la casa y la instalación al interior de la vivienda de la red eléctrica (incluyendo el inversor) del sistema de generación basado en paneles solares.

Teniendo en cuenta que cada panel solar entrega una potencia de 300W, se estima que la generación de energía eléctrica diaria por cada panel solar instalado va a estar alrededor de los 2.4kWh asumiendo un periodo de operación efectiva de 8 horas.

El cálculo realizado para llegar al resultado anterior es el siguiente:

$$E = P \cdot t = 300W \cdot 8h = 2400Wh = 2.4kWh$$

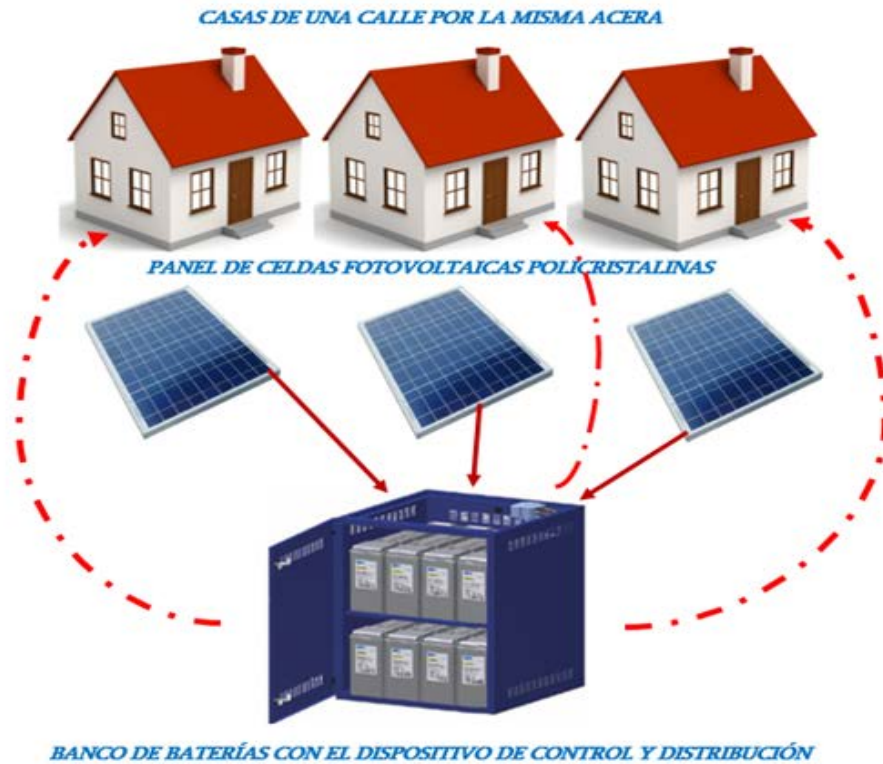
Donde

P = Potencia → 300W

t = tiempo → 8 horas promedio

E = Energía → 2.4kWh

ILUSTRACIÓN 36. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN



Fuente: (Propia)

En la imagen anterior logramos observar la metodología que se utilizara para la implementación del sistema, en una serie de viviendas de una misma vía , en primer lugar los paneles absorberán la energía solar y la convertirán en energía eléctrica posteriormente pasaran dicha energía a una serie de baterías que la almacenan, para luego pasarla por un dispositivo de medición encargado de cuantificar la energía y distribuirla en partes iguales a cada una de las viviendas que hagan parte de la implementación del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Abella, M. (2013) *Sistemas Fotovoltaicos*. Escuela de Organización Industrial.
- Abella, M. A. (2004) "Choosing the right inverter for grid-connected PV systems", *Renewable energy world*, (January), p. pp 132-147.
- ACIEM (2016) "Sector eléctrico. El niño: prueba superada". Bogota: Aciem nacional, pp. 32–35.
- Bagher, A. M., Mahmoud, M., Vahid, A. y Mohsen, M. (2015) "Types of Solar Cells and Application Types of Solar Cells and Application", *Science Publishing Group*, (2330–8485), pp. 94–113. doi: 10.11648/j.ajop.20150305.17.
- Balo, F. y Şağbanşua, L. (2016) "The Selection of the Best Solar Panel for the Photovoltaic System Design by Using AHP", *Energy Procedia*, (23279), pp. 50–53. doi: 10.1016/j.egypro.2016.10.151.
- Beltran, C. (2014) *Incorporación de plantas de generación fotovoltaica en redes modernas de suministro eléctrico*. Universidad Autonoma de Mexico.
- Cann, M. M., Raabe, B., Jooss, W., Kopecek, R. y Fath, P. (1992) "18 . 1 % EFFICIENCY FOR A LARGE AREA , MULTI-CRYSTALLINE SILICON SOLAR CELL .", *Universidad de Constanza*, 1(ENK6-CT2002-00666), pp. 4–9.
- Caviedes, L. (2014) *Cálculo y diseño de Sistema Solar Fotovoltaico para uso doméstico*. Universidad Naciona Autónoma de México.
- CCEEA, C. D. C. E. Y. E. A. (2015) *Taller de construccion de paneles solares*.
- Chargou, J. (2014) *Propuesta de implementación de luminarias tipo led y paneles fotovoltaicos en casa habitación*. Instituto Politécnico Nacional.
- Chuan, J., Li, T., Hou, L. y Xia, Z. (2011) "Research on the Characteristics of Organic Solar Research on the Characteristics of Organic Solar Cells", *Journal of Physics*, 276(276.01211689), pp. 1–6. doi: 10.1088/1742-6596/276/1/012169.
- Concejo Municipal del Palmira, (Valle) (2015) "Estatuto del espacio público en todo el territorio del municipio de palmira". Palmira, Valle., pp. 1–78.
- Contreras, M. y Juan, S. (2016) "Electricaribe y el congreso, un Debate incesante", *Caribe visible*. Barranquilla, pp. 1–20.
- Davies, S. (2013) *Crystalline Silicon (c-Si) Monocrystalline Silicon Solar Cells Polycrystalline Silicon Solar Cells, Solarflex*.
- Demenkova, T. A., Korzhova, O. A. y Phinenko, A. A. (2017) "Modelling of Algorithms for Solar Panels Control Systems", *Procedia Computer Science*. The Author(s), 103(October 2016), pp. 589–596. doi: 10.1016/j.procs.2017.01.072.
- Díaz, Y. (2016) *Análisis de Sensibilidad Temporal para Racionamiento Eléctrico*. Universidad Tecnológica de Pereira.

“Energía Eléctrica” (sin fecha) *Ministerio de Minas Y energía*.

Energy saving Trust (2015) *Solar inverters*. Estados Unidos.

European Photovoltaic Industry Association (2011) “Solar photovoltaic electricity empowering the world”, *Solar Generation* 6, p. 100. Disponible en:
<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2011/FinalSolarGenerationVIfullreportlr.pdf>.

Fariborz, J. y Mirzakuchaki, S. (2012) “A new structure in Tandem Solar Cells”, *International Journal of Modern Engineering Research*, 2(2249–6645), pp. 4014–4018.

Fernandez, F. (2017) *Que son energias convencionales, Erenovable*.

Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (2014) *Innovacion orientada al Sector Energía Solar, Gacela*. Disponible en: <http://fumec.org/v6/htdocs/solar.pdf>.

Gasquet, H. L. (2002) “Conversion de la luz solar en Energía Eléctrica: Manual Teórico y Práctico sobre los sistemas Fotovoltaicos”. Mexico: SolarTronic, pp. 1–196.

Google Maps (2013a) *Espacio público entre calle 6 y carrera 4 Sitio Nuevo*. Disponible en:
https://www.google.com.mx/maps/@10.7790249,-74.7208855,3a,75y,153.8h,72.33t/data=!3m6!1e1!3m4!1sOGfX7oqzywBMRcCNuo_5mg!2e0!7i13312!8i6656.

Google Maps (2013b) *Estado actual del espacio público entre calle 7 y carrera 8 Sitio Nuevo*. Disponible en: https://www.google.com.mx/maps/@10.7801697,-74.7205021,3a,60y,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1sQ-WpUHb_HoM3KGQ5r9yBZQ!2e0!7i13312!8i6656.

Las Heras, E. (2014) *Paneles solares en el piso de tu garaje, Autocosmos*. Disponible en:
<http://noticias.autocosmos.com.mx/2014/05/26/paneles-solares-en-el-piso-de-tu-garaje>.

Hernandez, C. (2011) *Analisis Ambiental De Las Grandes Centrales Hidroelectricas De Colombia Aplicando Metodologia Multiobjetivo*. Universidad de la Salle.

Hernández, J. y Martínez, V. (2007) “Estudio de factibilidad de la implementación de paneles fotovoltaicos para alimentar un sistema de bombeo de casa habitación”. Instituto Politécnico Nacional.

Hoyos, D., Villena, M., Serrano, V. H., Farfán, F. y Cadena, C. (2011) “Controlador de carga para un sistema fotovoltaico aislado”, *Congreso Argentino de Sistemas Embebidos*, pp. 158–162.

Instituto de Planificación y promoción de soluciones energeticas para zonas no interconectadas (IPSE) (2014) “Soluciones energeticas para las zonas no interconectadas en Colombia.pdf.crdownload”. Bogota: Ministerio de Minas y energia, pp. 3–5.

Jasim, E. (2007) “Dye Sensitized Solar Cells - Working Principles , Challenges and Opportunities”, *InTech*, 2(978-953-307-735–2), pp. 170–174.

Jubran, B. (2015) *Integrated Solar Combined Cycle Power Plants: Paving the way for thermal solar, Duke University*. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.02.083.

Kaplan, R. y Anderson, S. (2013) "Rethinking Activity-Based Costing", *Research & Ideas*, 82 No 11, pp. 1–7.

De la Ossa, M. (2017) *Paneles solares, una solución rápida al caos de Electricaribe, Las 2 Orillas*.

Lau, K., Lindberg, F., Johansson, E., Rasmussen, M. y Thorsson, S. (2017) "Investigating solar energy potential in tropical urban environment: A case study of Dar es Salaam, Tanzania", *Sustainable Cities and Society*. Elsevier B.V., 30, pp. 118–127. doi: 10.1016/j.scs.2017.01.010.

López, M. (2016) *Análisis de la producción científica sobre patología dual en prisión*. Universidad de Extremadura.

Manimekalai, P., Harikumar, R. y Raghavan, S. (2013) "An Overview of Batteries for Photovoltaic (PV) Systems", *Internationa Jornal of Compputer Applications*, 82(12), pp. 28–32.

Martínez, M. (2016) "Radiación solar, conceptos y aplcaciones", *INIA URURI*, (2006), pp. 1–4.

Mateus, A. (2016) "Crisis energética en Colombia", *TIA*, 4 No. 2(2344–8288), pp. 74–81.

Matsumoto, Y. (2011) "Celdas Solares De Silicio : Fundamento Y Tendencia", *Division de Ciencias e Ingeniería Universidad de Quintana Roo*, 1954, p. 44.

Mendoza, R. (2015) "Tecnologías fotovoltaicas establecidas", en LIFYCS (ed.) *Taller de Innovación fotovoltaico y spñares*. Ciudad de México: Universidad Autónoma de la Ciudad de México, pp. 1–25.

Mercedes, G. (2017) *Suelo fotovoltaico transitable y antideslizante. Soluciones de Onyx Solar para una arquitectura sostenible.*, *Arquitectura y empresas*. Disponible en: <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/suelo-fotovoltaico-transitable-y-antideslizante-soluciones-de-onyx-solar-para-una>.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, (MINTIC) (2015) *Información general Sitio Nuevo, Programa Gobierno en Línea*. Disponible en: http://sitionuevo-magdalena.gov.co/informacion_general.shtml.

Norma Técnica Colombiana (1989) "NTC 2631. Medición de transmitancia y reflectancia fotométricas en materiales sometidos a radiación", *ICONTEC*. Bogota.

Norma Técnica Colombiana (1995) "NTC 1736. Energía solar. Definiciones y nomenclatura.", *ICONTEC*. Bogota.

Norma Técnica Colombiana (1998) "NTC 4405. Eficiencia energética, Evaluacion de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos y sus componentes.", *ICONTEC*. Bogota, pp. 1–7.

Norma Técnica Colombiana (2005) "NTC 2775. Energía Solar Fotovoltaica, Terminología y Definiciones", *ICONTEC*. Bogota, pp. 1–7.

Norma Técnica Colombiana (2006a) "NTC 2883. Módulos fotovoltaicos de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación de tipo.", *ICONTEC*. Bogota.

Norma Técnica Colombiana (2006b) "NTC 5433. Informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos", *ICONTEC*. Bogota.

Norma Técnica Colombiana (2006c) "NTC 5509. Ensayo ultravioleta para modulos fotovoltaicos", *ICONTEC*.

Norma Técnica Colombiana (2009) "NTC 5287. Celdas y baterías secundarias para sistemas de energía solar fotovoltaica. Requisitos generales y métodos de ensayo", *ICONTEC*. Bogotá, pp. 1–8.

Oncioiu, I. (2013) "Creaty Industry: An overviem of the state of michoacan, Mexico", *Global Conference on Business & Finance Proceedings*, 8(1), pp. 229–235. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=87078400&site=ehost-live>.

Ortega, M. y Diez, H. (2013) "Energía hidráulica en México y el mundo", *Geotermia*, 26(1), pp. 79–83.

Peña, L. (2011) *Células solares transparentes : desarrollo actual y aplicaciones*. Universidad Politécnica de Cartagena.

Pérez, D. (2009) *Análisis del sistema de iluminación utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotocoltaicos*. Universidad Austral de Chile.

Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica (2013).

PROEXPORT Colombia (2011) "Residuos celulósicos en Colombia", *Sector de Energía Renovable en Colombia*, p. 52.

Ramos, M. y Ramos, C. (2016) *Ventajas y desventajas de la energía solar*, *Energía Solar Mx*.

Santana, E. (2015) *Recursos didacticos*.

Santos, R. (2015) "Manual Policial: Perosnas con movilidad reducida, seguridad vial, falsedad documental en las tarjetas de estacionamiento para discapacitados introduccion a la documentoscopia". Espana: Policia Local de Denia, pp. 1–144.

Shadowxfox (2012) *Sitionuevo ubicada en Magdalena (Colombia)*, *Wilipedia*. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Sitionuevo#/media/File:Colombia_-_Magdalena_-_Sitionuevo.svg.

Solar Energy Research Institute (1992) "Basic photovoltaic, principles and methods", *Technical Information Office*, (SERI/SP 290-1448).

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2010) *Energías Renovables: Descripción, Tecnologías y Usos Finales*, *Ministerio de Minas Y energía*. doi: 9383-36-X.

Velázquez, J., Juárez, N. y Galván, X. (2015) *Obtención de energía por medio de celdas solares*.

Yastrebova, N. V (2007) "High-efficiency multi-junction solar cells : Currentt status and future potential", *Centre for Research in Photonics, University of Ottawa*.

