

ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICO PARA USO DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE
BARRANQUILLA.

MANUEL DIAZ MANCILLA
LUPALPI MENDOZA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONE
BARRANQUILLA- ATLANTICO
2020

ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICO PARA USO DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE
BARRANQUILLA.

MANUEL DIAZ MANCILLA
LUPALPI MENDOZA

ASESOR
JOSE LEDESMA LEÓN
INGENIERO ELECTRÓNICO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONE
BARRANQUILLA- ATLANTICO
2020

Dedicatoria

El presente trabajo, como toda la carrera para optar al título de Ingeniero Electrónico y de telecomunicaciones, lo dedicamos de todo corazón a nuestras familias amadas, las cuales supieron tener la paciencia suficiente y necesaria para poder lograr mi meta a cabalidad y alcanzar tan anhelado sueño.

AGRADECIMIENTO

Hoy, luego de culminar esta importante etapa de nuestra vida universitaria, damos un gran paso hacia el camino profesional que nos espera. Por tanto, debemos, primero que todo, agradecerle a Dios por permitirnos llevar a cabo con éxito nuestra carrera de pregrado; a nuestros padres, quienes con su esfuerzo, pujanza y sacrificio, nos brindaron al máximo su respaldo moral y económico necesarios, para vernos formados y crecidos profesionalmente, como lo que seremos de aquí en adelante, unos profesionales de bien, que le puedan aportar cosas constructivas a la sociedad y al entorno laboral cambiante que nos rodea. Esta fecha, será inolvidable para todos, porque gracias a este título profesional que obtendremos dentro de poco, lograremos cumplir el sueño y el deseo que anhelábamos desde los primeros semestres. Esta gratitud, representa la satisfacción más grande por el apoyo espiritual de nuestro Dios como padre celestial y de nuestras familias que han sido parte inmancable de este proceso.

Agradecemos a la Universidad Autónoma del Caribe por permitirnos la oportunidad de abrirnos sus puertas, para tejer el aprendizaje que logramos consolidar durante 5 años; a cada uno de los profesores del programa de Ingeniería Eléctrica, quienes con su paciencia, humildad y sabiduría, nos ayudaron a salir adelante, inculcándonos conocimientos y una enseñanza única, que perdurará hasta el final de nuestros días; a los jurados presentes, por su interés y apoyo valioso en la realización del presente Trabajo de Grado.

A todos ustedes, de verdad, mil y mil gracias por todo...

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

GLOSARIO.....	1
RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
ALCANCES E IMPACTOS ESPERADOS.....	8
ESTADO DEL ARTE.....	9
MARCO TEÓRICO.....	13
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	19
ASPECTOS AMBIENTALES.....	22
OBJETIVOS.....	24
METODOLOGÍA PROPUESTA.....	25
JUSTIFICACIÓN.....	26
DESARROLLO.....	27
DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE HARDWARE.....	35
Características del panel solar:.....	36
Características del Inversor:.....	37
Características del Regulador.....	38
Características y opciones.....	39
PRESUPUESTO.....	40
PLANO ELECTRICO DE LA CASA.....	41
TRANSFERENCIA MANUAL MEDIANTE BREAKERS.....	42
DIAGRAMA GENERAL DE LA CONEXIÓN DEL SISTEMA DE PANELES SOLARES.....	43
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES.....	52
CRONOGRAMA.....	53

TABLA DE GRAFICOS

Tabla 1 Características de las baterías usadas en las instalaciones fotovoltaicas.....	17
Tabla 2 Capacidades típicas de las baterías en aplicaciones solares.....	18
Tabla 3 Radiación anual por región.....	20
Tabla 4 radiación solar en barranquilla.....	28
Tabla 5 potencia de los electrodomésticos.....	29
TABLA 6. Características de las baterías.....	35
TABLA 7. Características de los paneles solares.....	36
TABLA 8. Características del inversor.....	37
TABLA 9. Características del regulador.....	38
Tabla N°10. Características, cantidad y costos de los elementos a utilizar	40
Tabla N°11 consumo en pesos de la vivienda desprovisto del sistema fotovoltaico.....	44
Tabla N°12 consumo en pesos de la vivienda con el sistema fotovoltaico.....	45
Tabla N°13 consumo en pesos de la vivienda desprovisto del sistema fotovoltaico vs consumo en pesos de la vivienda con el sistema fotovoltaico.....	45
Tabla N°14 consumo en kw/h de la vivienda desprovisto del sistema fotovoltaico.....	46
Tabla N°15 consumo en kw/h de la vivienda con el sistema fotovoltaico.....	47
Tabla N°16 consumo en kw/h de la vivienda desprovisto del sistema fotovoltaico vs consumo en kw/h de la vivienda con el sistema fotovoltaico.....	47

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema Inversor DC-AC.....	19
Figura 2 Conexión sistema fotovoltaico DC-DC.....	21
Figura 3 Conexión sistema fotovoltaico DC – AC.....	21
FIGURA 4. Foto baterías.....	35
FIGURA 5. Baterías, forma de conexión.....	35
FIGURA 6. Foto panel, Módulo cristalino.....	36
FIGURA 7. Foto inversor.....	37
FIGURA 8. Foto regulador.....	38
Figura 9 Diagrama general del sistema de transferencia, red local y conexión interna de la casa.....	41
Figura 10. Sistema de transferencia y red local.....	42
Figura 11. Sistema completo desde el panel solar al interior de la casa y el total de los elementos conectados.....	43

GLOSARIO

ACUMULADOR O BATERIA: elemento encargado de almacenar energía para luego reutilizarla, en forma de corriente continua o alterna.

AMPERIO: es el flujo de electrones a través de un conductor. **AMPERIO HORA:** es el flujo de corriente capaz de entregar en una hora determinada batería.

BIODIVERSIDAD: es la variedad de seres vivos que habitan en el planeta.

BIOMASA: son los residuos sólidos de tipo animal o vegetal que se pueden aprovechar como combustible.

CELDA FOTOVOLTAICA: es una de las pequeñas partes que conforman un panel solar y se encargan de recibir la energía solar y transformarla en eléctrica.

CICLADO DE LA BATERIA: cargas y descargas sucesivas de la batería.

COBRO DE RECONEXIÓN: cobro por reinstalación del servicio eléctrico.

COMBUSTIBLES FÓSILES: elementos que se forman a partir de microorganismo y plantas enterradas a través del tiempo.

COMBUSTIÓN: proceso de oxidación rápida de una sustancia, acompañado de un aumento de calor.

CONDUCTOR: es el elemento a través del cual fluye la electricidad; normalmente son cables.

CORRIENTE CONTINUA (CC) : es el flujo de electricidad a través de conductores en un solo sentido y a bajos voltajes.

CORRIENTE ELECTRICA: es el flujo de energía eléctrica (electricidad) en un conductor, medido en amperios.

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

ECOSISTEMA: es el conformado por determinado grupo de seres vivos relacionados entre sí.

EFEECTO FOTOELECTRICO: proceso por el cual se liberan electrones de un material por la acción de la radiación o emisión fotoeléctrica.

ENERGIAS ALTERNATIVAS: son fuentes alternas de abastecimiento que respetan el medio ambiente. Siendo posible que ocasionen efectos negativos sobre el mismo.

ENERGÍA DE LA BIOMASA: es la que genera electricidad a partir del biogás que se obtiene de la digestión del material orgánico.

ENERGÍA EÓLICA: consiste en aprovechar la fuerza del viento para generar energía eléctrica.

ENERGÍA GEOTÉRMICA: es producida por elementos naturales que generan calor, este es expulsado a la superficie en forma de vapor.

ENERGÍA HIDRÁULICA: este tipo de energía es obtenida a partir del almacenamiento de aguas en represas, para luego provocar diferencia de niveles de potencial entre dos puntos.

ENERGÍA MAREOMOTRIZ: este tipo de energía es obtenida por el movimiento de las olas del mar.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA: consiste en la generación de energía eléctrica directamente del sol.

GASES DE EFECTO INVERNADERO: gases de la atmósfera, naturales que absorben y emiten radiación, causando el llamado efecto invernadero. Algunos de esos gases son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄), y el ozono (O₃). GWh: es la unidad de energía para significar la potencia desarrollada por un kilovatio, durante una hora

IGUALACIÓN O ECUALIZACIÓN: proceso al que son sometidas las baterías que contienen ácido, para prolongar su tiempo de vida útil.

INVERSOR: dispositivo que convierte la corriente continua en alterna, ya sea para sistemas aislados o para suministrar energía a una red eléctrica.

MELANINA: sustancia natural, producida por células cutáneas llamadas melanocitos, que le da color (pigmento) al cabello, a la piel y al iris del ojo. MWp (Megavatios pico): unidad que indica la máxima potencia generada para condiciones de radiación de 1.000 W/m² y 25°C de temperatura exterior. 1MWp = 1.000 kWp.

PANELES SOLARES: módulos conformados por una cantidad de pequeñas celdas, usadas para obtener voltaje y corriente eléctrica.

RADIACIÓN SOLAR: es el flujo de energía proveniente del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta).

RESISTENCIA: es la oposición de cualquier conductor al flujo de la corriente.

SEMICONDUCTOR: material aislante, como el germanio y el silicio, que se transforma en conductor por la adición de determinadas impurezas. Se usan en la fabricación de transistores, chips y otros.

RESUMEN

Actualmente la población mundial asciende aproximadamente a 45'000.000 de habitantes, con necesidades claras de energía eléctrica debido a la creciente demanda para poder subsistir. Se estima que para el año 2020, la población sin acceso a la energía eléctrica, será del orden de los 2.000 millones.

Esa no es la única razón que debe tener el mundo para la implementación de nuevas formas de energía renovables, ya que adicional a esto, también es claro el daño que se genera al medio ambiente por la búsqueda de lugares para el desarrollo de las energías ya existentes. Ejemplos reales de esto, son las represas de agua para la generación de energía eléctrica, debido a que este tipo de desarrollos generan desplazamientos, tanto de personas como de animales hacia otros lugares, y en consecuencia puede llegarse a la extinción y desaparición de algunas especies y presentar alto riesgo para el hombre con las construcciones hechas para tal fin.

La emisión de gases nocivos para la salud y el medio ambiente como lo es uno de los más comunes de todos el CO₂, entre otros, ponen en peligro la salud y la vida. Es obligado realizar la implementación de nuevas formas de energía para detener la catástrofe que se aproxima y garantizar la calidad de vida de los futuros habitantes de la tierra e inclusive la de los actuales. En este trabajo, se definen las nuevas formas de energía alternativas, se da un vistazo al entorno mundial y nacional en el avance de estos temas. También se describen los elementos y sistemas componentes de un panel de energía solar, sus características técnicas y aplicaciones más comunes.

Finalmente el aporte a la solución del problema planteado, es el análisis teórico de los cálculos para la implementación de un proyecto donde la luminaria y ciertos electrodomésticos serán alimentados a través de paneles, teniendo en cuenta la relación costo-beneficio económico analizaremos su viabilidad, en una vivienda en la ciudad de barranquilla.

INTRODUCCIÓN

Colombia cuenta con una gran variedad de recursos energéticos debido a su posición estratégica a nivel mundial, ubicándola como uno de los países con mejor posición geográfica, se sabe sacar provecho de esto, se podrían solucionar una gran cantidad de necesidades a nivel nacional, relacionadas con las falencias de energía.

teniendo en cuenta el desarrollo que se ha venido presentando con las nuevas tecnologías para suplir las necesidades energéticas y las constantes necesidades de atender la gran mayoría de la población en diferentes partes del país, se hace necesario recurrir a nuevas formas de generación, tales como: la Fotovoltaica, la Eólica, la Geotérmica, la Hidráulica, entre otras.

Desafortunadamente Colombia por ser un país en vía de desarrollo no cuenta con el apoyo suficiente para la utilización de sus recursos naturales en proyectos macros que permitan suplir la gran demanda de energía que se necesita para atender la población más desprotegida, con nuevas formas de energía limpia, debido a los costos que esto implica.

Por los motivos anteriormente mencionados y teniendo claro que el Sol es la más grande fuente de energía conocida por el hombre hasta el momento; se hace necesario y en gran medida obligatorio buscar e implementar nuevos sistemas de generación y almacenamiento de energía solar.

Por lo tanto se realizará un estudio para la implementación de paneles solares, como propuesta alterna de generación de energía; adicional se harán los cálculos necesarios de consumos sobre los diferentes elementos que serán conectados al sistema fotovoltaico, y se explicaran los consumos y ahorros de energía que esto implique debido a la implementación con los paneles solares; adjuntamente, se presentarán planos de conexiones eléctricas y se explicará la relación costo-beneficio económico que genere la propuesta y su respectiva viabilidad.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es una realidad que Colombia es un país en vía de desarrollo y por el constante crecimiento de población, que alcanza a aproximarse a los 48.747.708 de habitantes, de los cuales el 9.1% no tiene empleo, según datos estadísticos del DANE; entonces el acceso a los diferentes tipos de energía como la eólica, la hidráulica, la mareomotriz, la geotérmica, la energía obtenida de la biomasa, y la solar; entre otras, y la latente realidad de una pronta escasez de combustibles, como consecuencia, de la extinción de los recursos de energía convencionales en un futuro no muy lejano, hace necesaria la implementación de nuevas alternativas de energía.

Según datos en el año 2014 la demanda de electricidad del SIN “Sistema interconectado Nacional” continuó la tendencia creciente de energía, y al finalizar el año 2014 alcanzó un total de 63.571 GWh, con un crecimiento del 4.4% frente a 2013, que se constituye en el mayor crecimiento de demanda en los últimos 10 años, el más alto en la historia del país, quedando en evidencia la real necesidad de la búsqueda de nuevas alternativas energéticas para la contribución y beneficio de la población y el medio ambiente.

Si se hace la pregunta, ¿Cuánto se ha pagado por energía eléctrica y cuánto falta por pagar? Se hace evidente la necesidad de esta nueva fuente de energía. El hombre es un ser de costumbres y hasta el día de hoy estamos acostumbrados a un modelo de adquisición de la energía, que si se piensa bien, ¿por qué no lo podemos cambiar?. Se debe tener presente que al pagar un servicio público como en este caso el de la energía eléctrica, en definitiva no es tan económico como pagar por la adquisición de un sistema propio, que en este caso sería la implementación de paneles solares.

Si existen cortes de energía nadie responde por las pérdidas asumidas por el usuario. Adicionalmente los combustibles fósiles causan contaminación de la tierra,

el agua, el aire, y producen gases de invernadero que contribuyen al calentamiento global.

Por último las emanaciones de contaminantes provenientes de las centrales energéticas, tanto de carbón, de petróleo, como la incineración de basuras, las calefacciones y los vehículos de combustión, etc., son responsables directos de la destrucción de los extensos ecosistemas, de daños en los bosques, produciendo además enfermedades y dolencias en poblaciones, reducción de la productividad agrícola, la corrosión en puentes, edificios, monumentos y serios problemas de salud, entre otros.

ALCANCES E IMPACTOS ESPERADOS

Alcances.

Elaborar un estudio que propone el montaje de paneles solares para uso residencial, condicionado éste a las necesidades del usuario y al espacio disponible para su implementación. El desarrollo de esta propuesta permite disponer de energía limpia durante largo tiempo.

Impactos Esperados

Impactos científicos y tecnológicos del proyecto.

- Aportar a la formación de recursos humanos en investigación de conocimientos sobre el uso de energía limpia.
- Impulsar el desarrollo del uso de la energía solar en sus diferentes aplicaciones en el país.
- Contribuir al mejoramiento y conservación del medio ambiente por la disminución del uso de la energía eléctrica y sus factores de contaminación.

Impactos sobre el medio ambiente y la sociedad

- Disminuir el consumo de energía eléctrica convencional debido a que esta se desarrolla por medio de combustibles fósiles y estos degradan el medio ambiente.
- Rebajar la emisión de gases, CO₂, químicos, y otros. Los cuales son nocivos para la salud y causan diferentes afecciones para los seres humanos y diferentes especies.
- Fomentar el aprovechamiento sostenible de nuevos recursos naturales: la energía solar.
- Efectos sobre la preservación de la biodiversidad: Disminución de riesgos sobre fauna, flora y suelos

ESTADO DEL ARTE

La energía solar en Colombia

El Físico Henry Josué Lesmes del grupo de Uso Racional de Energía URE y Fuentes No Convencionales de Energía FNCE, indicó el esquema institucional actual del sector energético, un breve ámbito mundial energético donde al 2007 existen cerca de 100.000 MWp instalados en sistemas fotovoltaicos y mencionó que la capacidad instalada en energía eólica en Marzo de 2008 superó los 100.000 GW en el mundo, siendo Europa el responsable de más del 60% de estas capacidades.

Estas fuentes energéticas hacen parte del Plan Energético Nacional de Colombia y su visión al 2019". 1 Tomado de.... Memoria Foro de Normalización y Contexto Nacional en Energía Solar y Eólica. El IPSE (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas) tiene pensado la implementación de sistemas híbridos solares y eólicos para los hoteles y edificaciones en la isla de San Andrés, debido a que allí se consumen 1.1 millones de galones de diésel al mes.

Adicional en Junio del 2008, como proyecto piloto, se dio inicio a otro sistema híbrido Eólico Solar en La Alta Guajira, en el departamento de Nazaret, con implementación de seguidores solares cuyo propósito es alimentar las escuelas locales. En Enero de 2009, en Isla Fuerte se inicio el montaje de un sistema de refrigeración solar para la implementación de alimentos, debido a la riqueza de la zona en lo relacionado con la actividad pesquera.

La Empresa de Energía de Bogotá, se hizo presente con los comentarios sobre proyectos de energía fotovoltaica en escuelas ubicadas en el municipio de Ubalá (Cundinamarca), allí se aplicaron tecnologías para iluminación y computadores portátiles. En tales proyectos se implementaron kits fotovoltaicos de 127W para cada escuela, suministrando estos, energía para 4 puntos de iluminación durante cuatro horas por día y seis horas de energía para dos computadores. No sobra anotar que cada kit que se implementó estuvo alrededor de los seis millones de pesos.

Tomado de: http://www.upme.gov.co/eventos/foro_normalizacion/memorias.pdf

LA ENERGÍA SOLAR EN EL MUNDO

Estudios recientes permiten suponer que para años futuros la población estará cada vez más desprotegida y destruida, conllevando esto a la falta de suministros de energía eléctrica y de hecho la factibilidad e incremento de la misma en un 44%. Se puede estimar que para el año 2030 se podría suministrar energía con la implementación de 496.805 Km² de paneles solares para suministrar energía a todo el planeta.

Siendo España el segundo país productor de energía solar, para el mes de mayo del año 2005 se generaban en España 1.085 Megavatios de energía a partir de los paneles solares, y para el fin del año 2006 se generaban 156 Megavatios, según la (CNE) "Comisión Nacional de la Energía".

Alemania a pesar de presentar menor cantidad de radiación solar al año es la primera productora de energía solar con 3.800 Megavatios producidos para finales de año 2007. En la India (Nepal), avances más recientes han permitido producir energía solar a partir de la melanina existente en el cabello humano. Este nuevo descubrimiento permitirá posiblemente sustituir el silicio, material principal para la construcción de los paneles solares disminuyendo así su costo.

Tomado de:<http://www.prosun.org/es/ue-solar-sostenible/energia-solar-mundial-y-de-la-ue.html>

IMPLICACIONES TÉCNICAS Y ECONÓMICAS (CONSIDERACIONES DE ENTIDADES EXTRANJERAS).

Expertos en el tema relacionado con energía solar se aventuran a asegurar que el petróleo puede estar siendo sustituido en España con la producción de energía eléctrica a partir del sol. El ahorro de los consumidores y el uso de la energía solar ha permitido reducir el consumo de energía en un 13.5%.

"En España, debido al último Decreto aprobado, que frena y acota el desarrollo de la energía fotovoltaica, se están arruinando muchas empresas y 22 destruyendo empleo", concluye Willstedt. WWF recuerda que, mientras que en EEUU hay empresas que afirman producir electricidad más barata con el sol que con el carbón, en España el Gobierno intenta paralizar el sector.

Dicho descenso parece estar causado principalmente por la menor actividad industrial, que en febrero (último dato INE) había disminuido su índice de producción en un 22%. La bajada es mayor en el sector del automóvil (-54%) y en las actividades ligadas a la construcción (entre -30% y -45%, dependiendo del subsector). Tomado de:

Tomado de:<http://paneles-solares-fotovoltaicos.blogspot.com/2009/05/aseguran-que-el-sol-ya-produce-mas.htm>

TECNOLOGÍAS INSTALADAS EN EL MUNDO.

Por mandato federal, el Ejército estadounidense debe reducir en un 30% su consumo energético para 2015 (sobre la base de 2003) y el 25% de su demanda deber ser cubierta por fuentes renovables para 2025. La instalación tendrá 500 MW y supondrá una inversión de 2.000 millones de dólares en una primera fase.

Se levantará en una las instalaciones militares más emblemáticas del ejército de EEUU: el complejo militar de Fort Irwin, en el desierto de Mojave (California), donde se encuentra el mayor campo de entrenamiento de tropas del país, así como el centro de comunicaciones espaciales Goldstone de la NASA

.

La potencia eólica de Canadá pasará de 2.372 MW instalados hoy a 15.000 MW eólicos previstos en 2015 En 2008 se instalaron en Canadá 10 parques eólicos con 526 MW. La energía eólica ya representa el 1% de la electricidad, diez veces menos que en España.

Tomado de: http://www.evwind.es/noticias.php?id_not=1032

ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA USANDO ENERGÍA SOLAR PARA USO RESIDENCIAL

Existen diferentes tipos de tecnologías limpias para la producción de energía eléctrica provenientes de recursos naturales que se reabastecen naturalmente y que hoy en día, poco a poco, van ganando terreno en los países desarrollados. En los países en vía de desarrollo aún se detecta muy alejada la posibilidad de implementación de estos nuevos tipos de energías. Con el estudio realizado en este proyecto se pretende mostrar la realidad económica que esto implica, debido a sus altos costos

Tomado:http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/319/1/Analisis_Viabilidad_Implementacion_Calvo_2009.pdf

MARCO TEÓRICO

Existen diferentes tipos de tecnologías limpias para la producción de energía eléctrica provenientes de recursos naturales que se reabastecen naturalmente y que hoy en día, poco a poco, van ganando terreno en los países desarrollados. En los países en vía de desarrollo aún se detecta muy alejada la posibilidad de implementación de estos nuevos tipos de energías. Con el estudio realizado en este proyecto se pretende mostrar la realidad económica que esto implica, debido a sus altos costos.

DIFERENTES TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

Energía solar fotovoltaica: Consiste en la generación de energía eléctrica directamente del sol; se emplean tecnologías de semiconductores similares a la que ha impulsado todo lo relacionado con los circuitos integrados en las últimas décadas.

Este tipo de energía obtenida a través de los semiconductores es recibida como corriente continua. Este tipo de efecto fotoeléctrico es la base de la producción energía eléctrica por radiación solar, ocurriendo este cuando determinados materiales irradiados con energía luminosa generan energía eléctrica.

La aplicación más común de las celdas solares es con la conexión de láminas delgadas de silicio y boro, con espesor aproximado de 0.5mm en conexión serie o paralelo, para obtener así potencias de kilovatios de acuerdo a la necesidad u aplicación deseada. Cuando se realiza conexión a red, o sea alimentando directamente los elementos de los paneles, se tiene una gran ventaja, debido a que no requiere ningún sistema de acumulación de energía, abaratándose así los costos de producción de la misma.

Biomasa y residuos en Colombia: En la actualidad existe por ejemplo la planta de tratamiento de aguas residuales propiedad de Empresas Públicas de Medellín, que genera electricidad a partir del biogás que se obtiene de la digestión del material orgánico, esta planta tiene una capacidad instalada de 6 Megawatios.

La combustión en Colombia de biomasa ha sido impulsada en gran parte por los ingenios azucareros, los cuales realizan actividad de cogeneración o sea “sistemas que a partir de una sola fuente de energía primaria, producen dos tipos de energía: calor y electricidad”.

Energía Mareomotriz: este tipo de energía es obtenida por el movimiento de las olas del mar. Existen varios tipos de sistemas que permiten generar energía, aprovechando los beneficios del mar y sus olas, tales como: la energía obtenida por las mareas, que consiste en aprovechar la diferencia de las olas que se generan por el establecimiento de un dique para el accionamiento de turbinas; la energía de las olas, que se puede convertir en energía mecánica y eléctrica, aprovechando el rompimiento de las olas, además existe otra alternativa que consiste en aprovechar el movimiento de las olas a través de elementos flotantes para comprimir fluidos hidráulicos.

Energía Eólica: En la actualidad los sistemas impulsados con energía eólica, son los que presentan mayor crecimiento. En Colombia se cuenta con el parque eólico de Jeparachi, localizado en la costa atlántica, departamento de la Guajira, la energía que allí se genera, es interconectada al sistema eléctrico nacional.

Hay tres componentes del viento que determinan su energía disponible, ellos son: la densidad del aire, la velocidad y la dirección del viento. Debe tenerse en cuenta, además, que la explotación del viento en las zonas donde se quiere instalar aerogeneradores, por lo menos, debe tener mediciones previas durante un año para verificar así, que la velocidad promedio del viento indique un buen potencial. Una de las mayores ventajas que presenta la generación eólica es la gran reducción de emisión de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera.

Energía Geotérmica: es producida por elementos naturales que generan calor, este es expulsado a la superficie en forma de vapor. Normalmente se aprovecha el vapor de agua producido por temperaturas superiores a 150°C. Los vapores producidos por la madre naturaleza dependen de la actividad volcánica y sísmica de la zona

Energía Hidráulica: este tipo de energía es obtenida a partir del almacenamiento de aguas en represas, para luego provocar diferencia de niveles de potencial entre dos puntos, de esta forma se provoca el movimiento de maquinaria generadora de energía; generalmente es producida a partir de la energía cinética y potencial; este tipo de energía en general produce gran cantidad de kilovatios de potencia; aunque es la forma de energía más empleada, irónicamente es la que mayores problemas genera al medio

ambiente, debido al desplazamiento del hábitat de los pobladores, la inundación de tierras y destrucción de entornos.

ACUMULADORES O BATERIAS

Son los elementos encargados de realizar la función de almacenar energía cuando la producción fotovoltaica exceda la demanda de la aplicación, para entregarla al usuario en forma de corriente continua. Este elemento resulta ser de gran importancia en la aplicación de paneles solares, debido a su papel principalmente de acumulación de la energía y la estabilización de la tensión de la respectiva instalación; por otro lado las baterías deben ser sometidas a ciclados diarios y a ciclados estacionales.

El ciclado diario se debe a la existencia de un consumo de energía durante la noche. El ciclado estacionario está asociado a los periodos de baja radiación cuyas características de profundidad y duración dependen del consumo diario durante 24 horas, y de la climatología del lugar. La relación costo-beneficio en las instalaciones fotovoltaicas más características, conduce a baterías con una capacidad utilizable en el rango de 3 a 8 veces la energía diariamente consumida por la carga. Los requisitos exigibles a una batería fotovoltaica serán entonces la resistencia al ciclado y el poco mantenimiento.

En el mercado estas baterías se ofrecen con una vida útil superior a 10 años, aunque existen experiencias en la que la duración real ha superado los 12 años. Los fabricantes garantizan un tiempo de vida de 7 años para las baterías estacionarias de placa plana y de 10 años para las tubulares. Como valor de partida se considera de forma muy conservadora 5 años, con periodos de mantenimiento de una o dos veces al año.

El uso conveniente de estas baterías en aplicaciones fotovoltaicas sugiere capacidades grandes que limiten el valor de la profundidad de descarga diaria y utilizar un electrolito de menor densidad al habitual, con el fin de disminuir la corrosión y alargar la vida de las Baterías. La utilización de baterías en instalaciones fotovoltaicas no requiere precauciones muy específicas y es suficiente con seguir las normas generales de mantenimiento que aconsejan los fabricantes.

No obstante conviene insistir sobre algunos aspectos relativos a las cargas de igualación o ecualización. Fenómenos como la pérdida de material, la pérdida de electrolito, asociadas a la conexión en serie de estos elementos, pueden afectarlos en

diferentes características y resultar dañinos para la vida útil de la batería. Los fenómenos de dispersión están asociados fundamentalmente a los procesos de descarga y su permanencia en esta, este fenómeno se presenta principalmente al final de las estaciones de mal tiempo y es allí donde conviene efectuar las cargas de igualación.

Existen dos tipos de baterías, las llamadas principales (que pierden su vida útil al terminarse el químico que la compone, y no son recargables), y las secundarias, que son las recargables y de las cuales se detallara un poco más. 27 Las baterías secundarias disponibles para el uso fotovoltaico en la actualidad son:

Batería de plomo ácido Está constituida en esencia por un ánodo de bióxido de plomo, un cátodo de plomo y un electrolito de ácido sulfúrico diluido en agua. La primera batería de plomo-ácido fue construida en 1859 por Planté, a base de planchas de plomo macizo, en una de las cuales se forma óxido de plomo por paso de corriente. Su mayor inconveniente es que necesitan mucho tiempo para su fabricación lo cual incrementa su costo. Además la penetración del electrolito en el interior de las planchas, por su macidez, limita la velocidad de la carga y descarga de la batería. [Energía solar fotovoltaica, p68].

Batería Níquel – Cadmio “NiCd” Son baterías recargables para uso residencial e industrial cada vez se usan menos; tienen una desventaja y es su efecto memoria y su componente químico el Cadmio que es altamente contaminante. Presenta ciclos de carga y descarga entre 1.000 y 1.500. En condiciones normales entregan un potencial de 1,3V, adicionalmente estas baterías no se deben poner a cargar preferiblemente hasta que estén totalmente descargadas, para evitar así su deterioro.

BATERIAS	Pb – ácido	Ni – Cd
Tiempo de vida	600 – 1.500	1.500 – 3.000
Eficiencia	83 - > 90	71 %
Auto descarga (mensual, %)	3 – 10	6 – 20
Rango de operación	- 15 a + 50	- 40 a 45
Tensión máxima	2.4 Voltios	1.55 Voltios
Temperatura	- 20°C a + 40°C	- 40°C a + 50°C
Humedad	< 95%	< 95%

Tabla 1 Características de las baterías usadas en las instalaciones fotovoltaicas.

Las baterías pueden tener tiempos de trabajo entre 3 y 15 días, dependiendo de la cantidad de irradiación solar presente en el momento, la batería normalmente será cargada durante el día y descargada durante la noche, entre el 2% y el 20% de la carga de la misma, en el verano la batería podrá operar entre el 80% y 100% de su carga, y el valor máximo de carga de la batería, normalmente estará limitado por un regulador de voltaje.

Las baterías para uso fotovoltaico, se caracterizan principalmente por ser: abiertas, reguladas con válvulas y selladas herméticamente "solo baterías Níquel Cadmio." De las baterías secundarias, se puede decir que su principal característica es la capacidad que estas presentan para el almacenamiento de energía eléctrica, expresada en amperios horas: que a su vez puede variar con la temperatura del electrolito, la corriente de descarga y el voltaje final de la batería. También se debe tener en cuenta que la capacidad de la batería se calcula sobre el consumo diario y el número de días de autonomía considerado conveniente.

Capacidad Ah	Corriente A	Tiempo de descarga h	Voltaje final	
			Voltaje por celda Pb - ácido	Voltaje por celda Ni - Cd
C ₂₄₀	I ₂₄₀	240	1,90	1,00
C ₁₂₀	I ₁₂₀	120	1,85	1,00
C ₁₀	I ₁₀	10	1,80	1,00
C ₅	I ₅	5	1,75	1,00

Tabla 2 Capacidades típicas de las baterías en aplicaciones solares. Tomado de: Documento . ANC-603-11,UPME. Pg. 11.

Las baterías secundarias Pb _ ácido deben ser protegidas contra sobrecargas para evitar que pierdan la capacidad de almacenar carga por el fenómeno de sulfatación. Las baterías Ni – Cd, normalmente no presentan este fenómeno.

REGULADOR

Son elementos que permiten cargar las baterías adecuadamente y evitar adicionalmente sobrecargas y descargas excesivas de las baterías. Siempre que se use baterías en algún sistema fotovoltaico debe haber también algún tipo de regulador que soporte las necesidades de la batería. Los reguladores actuales incluyen algunos tipos de protecciones tales como: Protección contra corto circuito; que desconecta la salida de la carga, de hecho el regulador, intentará restaurar la salida cada segundo.

Cuando la falla desaparece, la salida del circuito de carga, vuelve a restaurarse. Protección contra sobre tensiones; estas normalmente en la mayoría de los casos es causada por fenómenos naturales como son las descargas eléctricas, en este caso la protección está conformada por varistores conectados tanto a la entrada como a la salida de las líneas de alimentación. Cabe anotar además que algunos reguladores, permiten la inversión de polaridad en los bornes de la batería y el panel solar.

INVERSOR O CONVERTIDOR DC AC

Sabiendo que los paneles solares entregan corriente directa o continua, se hace necesario el uso de inversores de corriente; para conversión de la misma; en caso de requerirse de corriente directa o continua (DC o CC) a corriente alterna, para alimentar algunos puntos de iluminación u electrodomésticos, que trabajan necesariamente con

corriente alterna. Normalmente los inversores están conformados por tres etapas como muestra la figura, y a la salida se deberá entregar una forma de onda seno apropiada, para suplir la necesidad requerida.

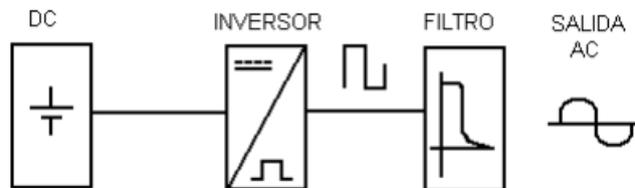


Figura 1 Esquema Inversor DC – AC

El inversor, trabaja normalmente a una eficiencia entre el 90% y el 96% a carga total y entre el 85% y el 95% para una carga aproximada del 10%. Los inversores que se deban usar siempre deben ser calculados para ser capaces de soportar la mayor carga exigida por el circuito.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Consiste en tomar la energía suministrada por el sol y transformarla en energía eléctrica, esta energía es recibida en forma de corriente continua para su posterior uso, luego de ser transformada por semiconductores y debidamente almacenada en baterías. Se puede decir que esta llega a la tierra en forma de radiación electromagnética, ocasionada esta por un proceso de fusión nuclear en el interior del sol.

Una pequeña parte de esta energía es recibida por la tierra, que a su vez, es usada para suplir los procesos energéticos del planeta, ya que el resto de la energía es retornada al espacio exterior. Existe la Radiación Solar Global, que es conformada por la radiación difusa “polvo atmosférico” y la Radiación directa “Incidencia en los objetos iluminados por el sol”.

La incidencia de radiación solar recibida por la tierra varía entre 1.300 y 1.400 W/m² aproximadamente, lógicamente, estos valores varían de acuerdo a las condiciones climatológicas y la ubicación geográfica; para el caso de Colombia, se cuenta con un promedio anual aproximado de 4.5kWh/m² . El cuadro siguiente describe la radiación anual por región.

REGIÓN	kWh / m ² / año
GUAJIRA	2.190
COSTA ATLANTICA	1.825
ORINOQUÍA	1.643
AMAZONIA	1.551
ANDINA	1.643
COSTA PACIFICA	1.278

Tabla 3 Radiación anual por región

En este caso se debe tener en cuenta que Barranquilla está ubicada en la costa atlántica, siendo el caso a tener en cuenta para el proyecto a realizar.

En la actualidad las formas más usadas para generar energía son, la Generación Fotovoltaica “Energía Solar” y la Foto termo-conversión “Producción de vapor para generar energía”. La base de las celdas solares es el silicio, siendo este un elemento químico extraído de la arena, también conocido como dióxido de silicio o cuarcita.

En el presente se ha logrado convertir la energía solar a un porcentaje del 37 en energía eléctrica; las constantes investigaciones para mejorar la eficiencia de los paneles solares y los avances continuos, permiten pensar que en un futuro cercano exista la posibilidad de desarrollar un aerosol a base de células nano cristalinas, permitiendo ser esparcidas en techos, vidrios, etc, simplemente rociándolos. Con el tiempo se han desarrollado diferentes tipos de celdas, mono cristalinas, poli cristalinas, y amorfas; cabe anotar que en el año 2004 en Alemania fue inaugurada la más grande central de energía solar del mundo, ocupando un área de 160.000 m² y 33.500 paneles solares fotovoltaicos de silicio mono cristalino, capaz de producir 5Mw.

Para el año 2025, se espera un crecimiento aproximado de 20.000 Mw. En el presente se avanza en celdas con sulfuro de cobre y cadmio, arseniuro de galio, telurio de cadmio, arseniuro de boro y compuestos orgánicos.

Partiendo de lo antes mencionado se pueden generar potencias mayores, disponiendo conexiones de varios módulos de paneles solares en serie o paralelo. Las siguientes figuras muestran dos tipos de conexiones típicas, desde el inicio del proceso hasta el producto final.

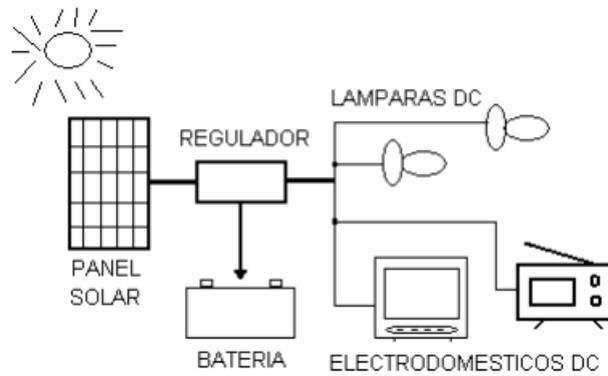


Figura 2 Conexión sistema fotovoltaico DC – DC

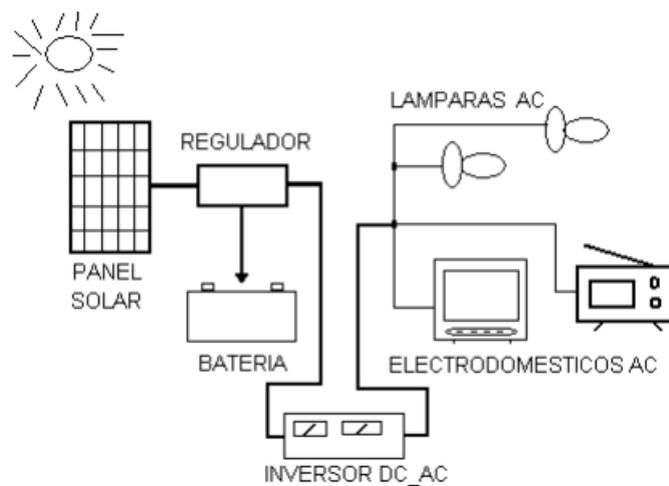


Figura 3 Conexión sistema fotovoltaico DC – AC

ALGUNOS PARÁMETROS DE LA ENERGÍA SOLAR

Se describirán los parámetros más importantes que son de utilidad para la evaluación y comparación con otras tecnologías.

Potencia: es la medida de la capacidad instalada de la planta de generación.
 Temperatura de operación: temperatura a la cual la instalación solar generará energía, en el rango definido de operación.

Factor de utilización o de capacidad anual: la disponibilidad de la energía solar se verá siempre afectada en cualquier parte del planeta por los ciclos día-noche, también como la absorción de la radiación solar en la atmósfera y además de las características de los equipos de captación solar; razón por la cual no se podrá sacar el máximo de aprovechamiento del sistema instalado.

Eficiencia pico: hace referencia al factor de eficiencia que se logra obtener del sistema instalado de acuerdo a la curva horaria de incidencia del sol sobre este.

Costos: un estudio promovido por el Banco Mundial, confirma a las tecnologías de concentración solar (TCS) como la forma más económica de producir electricidad a gran escala a partir de la energía solar. Es muy importante acotar que los costos de generación de electricidad con energía fotovoltaica, está en promedio entre 0.20 y 0.25 US/KWh, tomando directamente la energía del panel solar.

ASPECTOS AMBIENTALES

En las últimas décadas hemos sido testigos de la velocidad en que nuestro planeta ha sufrido cambios vertiginosos e irreversibles, que han generado a su vez transformaciones sociales, culturales, tecnológicas, económicas y sobre todo ambientales. Como consecuencia de todos los cambios antes mencionados la población ha crecido a un ritmo tan alarmante, que los seres humanos tienen cada día más poder de destrucción sobre la naturaleza y el planeta, amenazando con destrucción.

El calentamiento global de la atmósfera, los cambios climáticos, el adelgazamiento de la capa de ozono, la pérdida de algunas especies, la reducción de la masa vegetal, el deshielo de los glaciales y el avance de la desertificación, son evidencias de este detrimento. Como sabemos los recursos naturales, son bienes ilimitados y los residuos sólidos, líquidos y gaseosos de nuestro sistema de vida conllevan un grave riesgo para la salud del planeta, incluido lógicamente el hombre.

Desde los años 70s se empezó a pensar sobre el origen de los problemas ambientales, dado que los principales problemas generados hacia el medio ambiente se originan en la obtención de la energía en forma indiscriminada, generándose simultáneamente

gases tales como el metano, oxido nitroso y el dióxido de carbono, entre otros, llamados gases de efecto invernadero, que ocasionan la retención de los rayos del sol al interior del planeta, ocasionándose así lo que se conoce como el efecto invernadero.

Debido a lo mencionado anteriormente, en el año 1997 se acordó firmar el acuerdo internacional llamado el Protocolo de Kyoto, cuyo principal objetivo es minimizar o disminuir los gases llamados de invernadero que aceleran el calentamiento global. A la fecha han ratificado su compromiso con el acuerdo 163 países del mundo, entre ellos se encuentra Colombia. Uno de los grandes objetivos del acuerdo es disminuir los gases de efecto invernadero, el gran compromiso es que cada país logre reducir la contaminación en un 8%.

OBJETIVOS

General

- analizar la viabilidad para la implementación de sistemas fotovoltaico para uso de una vivienda en la ciudad de barranquilla.

Específicos

- Calcular el consumo de los diferentes elementos que serán conectados al sistema fotovoltaico.
- Diseñar e implementar un sistema fotovoltaico y realizar conexiones eléctricas del alumbrado, las zonas de carga para los dispositivos y señalar el sistema de transferencia que se conectará al sistema de paneles solares.
- Realizar estudio de la implementación de sistema fotovoltaico, como propuesta alterna de generación de energía, para el alumbrado y dispositivos analizando la relación costo-beneficio económico de una vivienda en la ciudad de barranquilla.

METODOLOGÍA PROPUESTA

El trabajo a desarrollar se centrará en los siguientes pasos y fases.

Fase 1. Inicio e investigación preliminar.

- Recolección de información sobre las diferentes técnicas utilizadas alrededor del mundo de los temas relacionados con celdas solares, revisando además las investigaciones sobre el tema a nivel nacional y en universidades.

Fase 2. Prueba piloto y modelamiento.

- Búsqueda de los diferentes tipos de paneles existentes.
- Selección de los paneles más apropiados para la propuesta.
- Presentación de diagramas de bloques y pasos básicos para el ensamble.

Fase 3. Pruebas de campo y validación.

- Estudio de las diferentes condiciones climáticas y de entorno para conocer las diferentes repuestas de los paneles con la variación del clima.
- Correcciones y ajustes
- Socialización de resultados

JUSTIFICACIÓN

Colombia por su posicionamiento geográfico cercano al trópico del Ecuador, es un país en el que la mayor parte del año se tiene sol, facilitando la utilización de celdas solares para proveer potencia. Por esto, se propone realizar un diseño en el que se implementen paneles solares a nivel residencial, que permitan aliviar en gran parte la demanda de energía necesaria y contribuyan a mejorar el funcionamiento del sistema eléctrico que es deficiente y reducir los efectos contaminantes de la generación eléctrica.

En el mercado se tienen precios competitivos en paneles solares a diferencia de años atrás, por lo que el uso de las celdas fotovoltaicas para producción de energía eléctrica, podría ser una solución eficiente. Colombia decretó el 3 de octubre de 2001 en su constitución política se expidió la Ley URE, la LEY 697, en la que textualmente argumenta que:

Artículo 1°. Declárese el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

Trece años después el gobierno nacional el 14 de mayo del año 2014 decreto la ley 1715 por medios de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, en la cual en el capítulo III trata de incentivos a la inversión en proyectos de fuentes no convencionales de energía. Cabe anotar que esta ley se encuentra en debate algunos capítulos.

Este proyecto contribuye a la aplicación de las anteriores Leyes por que promueve el Uso Racional de la energía a través de fuentes de energías alternativas, favorece a la disminución de la contaminación al medio ambiente y garantiza la continuidad del abastecimiento energético cuidando y protegiendo los recursos naturales existentes, para beneficio de futuras generaciones

Tomado de: www.si3ea.gov.co/Portals/0/Conoce/ley697.pdf

DESARROLLO

La energía recibida por el panel solar, está directamente relacionada con el ángulo de inclinación, o sea la ubicación hacia la posición del sol y el clima en la región donde se instalarán los paneles. Se debe tener en cuenta que la radiación solar diaria promedio para barranquilla oscila entre cuatro y 5 horas de intensidad solar, aproximadamente 5.27Kwh/m² ; y la ubicación de la casa es latitud norte 10° 59'47.7 y longitud oeste 74° 49'44.3 . La región de interés es la región caribe, y como se mencionó anteriormente en la tabla tres, la radiación solar para esta región es de 5.27 Kwh/m² / año.

Existen varios métodos para el cálculo de las instalaciones solares, pero se tendrá en cuenta el más usado de estos que se conoce como:

EL MÉTODO DEL PEOR MES

Este método consiste en calcular la energía eléctrica necesaria que alimentará el sistema en los tiempos más nublados o de climas adversos, para que así se pueda garantizar el servicio eléctrico en tales condiciones y para la mayor demanda exigida. Los elementos que se deberán alimentar se relacionan a continuación en la siguiente tabla.

Cabe anotar que el total final del consumo de potencia se calcula, teniendo en cuenta que trabajarán a plena carga, o sea, todos los elementos conectados simultáneamente, cosa bastante difícil, debido a que normalmente ningún tipo de usuario suele hacer esto. A continuación se mostrara las diferentes radiaciones solares dependiendo el mes en con encontremos, trabajaremos con la más baja que sería en este caso el mes de octubre ya que este es el mes donde existe menos radiación solar en todo el año.

La forma que utilizamos para determinar la radiación solar que se encuentra en la casa en la ciudad de barranquilla consta de dos pasos:

- Ubicar la posición geográfica con su latitud y longitud para esto se utilizó la herramienta de google maps
- Con la latitud y longitud identificada utilizamos una aplicación de la nasa que se llama “atmospheric sciece data center” es gratuita y su base de datos se encuentra actualizada.

Se anexan los links de las aplicaciones utilizadas para este estudio:

<http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi> <https://www.google.com.co/maps?source=tldso>

En la primera tabla se observa el valor de radiación mensual escogemos el mes que menos radiación tenga para que nuestro sistema sea eficiente. En la segunda tabla se mencionan las potencias en vatios de los elementos que serán conectados al sistema a calcular, los vatios o potencia equivalen a un valor aproximado, de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes, por lo tanto son valores promedio.

MESES	RADIACIÓN SOLAR KW/M²/D
--------------	---

Enero	5.63
Febrero	5.70
Marzo	5.89
Abril	5.51
Mayo	5.08
Junio	5.24
Julio	5.42
Agosto	5.36
Septiembre	4.97
Octubre	4.68
Noviembre	4.72
Diciembre	5.04
Promedio	5.27

Tabla 4 radiación solar en barranquilla.

Electrodomésticos	Cantidad	Wattios "W"	Horas * día	W * h
Luminaria	5	20	6	600
Nevera	1	130	5	650
Abanico	1	110	5	550
Otros	1	10	2	20
Total				1820

Tabla 5 potencia de los electrodomésticos.

El consumo total asciende a 1.820 Wh/día, que multiplicados por treinta (30) días, da como resultado 54600 Wh/mes o sea 54.6Kw/mes. Este es un valor teórico que no tiene en cuenta pérdidas en el sistema tales como: la suciedad de las placas, el desgaste de sus componentes, entre otros, se debe entonces calcular el rendimiento global de la instalación fotovoltaica, para así poder darle un margen de tolerancia al diseño que se procederá a realizar.

Para iniciar con los cálculos de los diferentes elementos que son necesarios para la transformación de la energía solar en energía eléctrica, se inicia con el cálculo del rendimiento energético de la instalación fotovoltaica con la siguiente fórmula:

Fórmula para calcular el rendimiento energético

$$\eta = (1 - K_b - K_c - K_v) \left(1 - \frac{K_a N}{P_d} \right)$$

Dónde:

Kb: hace referencia a la pérdida por rendimiento de las baterías

- 0.1 valor aplicado para montajes que generan descargas profundas o para sistemas con baterías viejas.
- 0.05 valor para montajes que no demanden descargas profundas.

Kc: hace referencia a las pérdidas presentadas por el inversor, normalmente varía entre el 75% y el 95%, en caso que no se especifique. 0.1 valor para trabajo en circunstancias no óptimas. 0.05 valor para inversores senoidales puros.

Kv: hace referencia a las pérdidas presentadas por factores varios. Para aplicaciones en general, cuando no se conocen las potencias. 0.05 para aplicaciones que tienen en cuenta los rendimientos de cada carga instalada. 0.15 aplica cuando se conocen las potencias teóricas.

Ka: hace referencia a la auto descarga diaria de las baterías y aumento de la temperatura. 0.002 este valor aplica para las baterías NiCd que presentan baja descarga o las que no requieren mantenimiento. 0.005 aplicado para las baterías Pb - ácido,

estacionarias, las cuales son de uso normal en las instalaciones con aplicaciones solares.

N: es la cantidad de días en la cual la instalación es autónoma, por la escasez de sol. Esta variable se toma entre 4 y 10 días, teniendo en cuenta que el sistema consumirá mayor cantidad de energía por la ausencia de este.

Pd: hace referencia a la profundidad de descarga de la batería por día. Se debe tener en cuenta que tal descarga no debe exceder el 80%.

Desarrollando la fórmula para hallar el rendimiento, queda que:

$$n = (1 - 0,1 - 0,05 - 0,15) * \left(1 - \frac{0,005 * 5}{70\%}\right)$$

$$n = (0,7) * (0,979)$$

$$n = 0.685$$

La fórmula anterior de rendimiento, es aplicada para calcular la potencia que será absorbida por los elementos conectados como cargas, cuando existe la presencia de convertidores de corriente continua a corriente alterna (Inversores).

Para realizar los cálculos de manera acertada, se continúa con el cálculo del consumo energético real, esta fórmula es la segunda a tener en cuenta, debido a que el dato obtenido de esta, es necesario para los cálculos siguientes; la fórmula es:

Fórmula para calcular el consumo energético real

$$E = ET / R \text{ ó } \eta$$

Dónde: **E** = es el consumo energético real (W-h)

ET = es el consumo energético teórico.

R o η = es el rendimiento global de la instalación fotovoltaica.

Ahora el consumo energético real parte de tomar el valor de la potencia a utilizar de todos los electrodomésticos y dividirla por el valor hallado del factor de rendimiento, sería entonces:

$$E = ET / R \text{ ó } \eta$$

$$E = \frac{1820 \text{ W/h}}{0.685} = 2656.93 \equiv 2.657 \text{ Kwh}$$

Definidas las fórmulas anteriores, se procede a calcular la capacidad de la batería necesitada; en este aparte se presenta relación directa con los días antes mencionados de autonomía. Adicionalmente, se debe tener muy presente que la batería no deberá ser descargada a menos del 80% de su capacidad y además, no deberá superar el 15% de descarga diaria. Para este caso se escoge 70% como factor de descarga extrema, para prevenir pérdida o daño de la batería en caso de presentarse alguna situación adversa.

La fórmula a aplicar para el cálculo de la batería es:

$$C_{bat} = \frac{EN}{VP_d}$$

E como se mencionó anteriormente es el consumo real del sistema.

N, es la cantidad de días que estará el sistema sin energía solar, también conocido como tiempo de autonomía, para este caso se escogen 3 días, significando y suponiendo, que no habrá incidencia solar durante este tiempo.

V, voltaje dc de la batería. Para este cálculo se tiene en cuenta el voltaje (V) de la batería a usar es igual a 12 Vdc, cabe anotar que se escoge este valor para reducir un el costo de la batería a usar.

Pd, relaciona el factor de rendimiento de carga y descarga de las baterías.

$$C_{bat} = \frac{2657 \text{ Wh} * 3}{12 \text{ V} * 70\%}$$

$$C_{bat} = \frac{7971Wh}{8.4V}$$

$$C_{bat} = 948,90Ah$$

Ahora se procede a calcular la cantidad de paneles solares que son necesarios; para este cálculo, se debe tener en cuenta los datos de irradiación solar a la latitud de barranquilla; para este caso se toma el valor de 4.68Kwm2 y se aplica la siguiente fórmula:

Fórmula cantidad de paneles solares:

$$Np = \left(\frac{E}{WpHPS\eta} \right)$$

D: es el rendimiento del panel solar.

Wp: es la potencia pico del panel.

HPS: son las horas de pico solar

$$Np = \left(\frac{2657Wh}{310Wp \left(\frac{4.68kwh}{mt^2} \right) 90\%} \right)$$

$$Np = \left(\frac{2657Wh}{1305.72Wh} \right)$$

$$N_p = 2,03 \equiv 2 \text{ paneles}$$

Cada uno de los paneles a utilizar miden 1956mm de largo por 992mm de ancho, según datos técnicos del fabricante; conociendo estas medidas, se puede calcular cual es el espacio requerido para la ubicación de los paneles solares a usar, teniendo claro que 2 son la cantidad total de paneles a usar en la casa, entonces se multiplican las medidas así:

$1.956\text{m} * 0.992\text{m} = 1,940352\text{m}^2 * 2 \text{ paneles} = 3.80704\text{m}^2$ Esto implica que se hace necesario disponer de 4m^2 de AREA para la instalación solamente de los paneles solares

Fórmula para el cálculo del regulador

Para este se debe tener en cuenta la corriente de cortocircuito (I_{sc}) de cada panel solar a utilizar, para el caso del panel escogido que es de la marca UPSOLAR UP 310P de máxima potencia; según las características del fabricante, la corriente de cortocircuito (I_{sc}) es de 8.82A, multiplicado por la cantidad de paneles a utilizar; se tiene entonces que la corriente máx. del regulador es:

$$I_{max} = I_{sc} \times N_p = 8.82\text{A} \times 2 = 17.64\text{A}$$

$I_{m\grave{a}x}$ = corriente máxima que deberá soportar el regulador.

N_p = número de paneles usados

Cálculo del Inversor

Para este solo se debe tener en cuenta la potencia máxima demandada por la instalación, directamente relacionada con los paneles solares, ya que cada panel estará en la capacidad de suministrar cada uno 310 Wp, que al ser multiplicados por la cantidad

de paneles a usar en este caso 2, dan como resultado 620 Wp instalados. Por lo tanto el inversor debe estar cercano a este valor ya que la potencia pico producida por los paneles nunca será superada por la total de los paneles solares instalados.

$$I_{inv} = CN_p \times W_p = 620 \text{ Wp}$$

I_{inv} = corriente máxima que deberá soportar el inversor

W_p = es la potencia de cada panel solar.

Elaborados los cálculos necesarios para el proyecto planteado, se relacionan las características de los elementos seleccionados y sus respectivos precios

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE HARDWARE

Características de la batería



FIGURA 4. Foto baterías

TABLA 6. Características de las baterías

Voltaje Normal.	12V	
Capacidad.	P	N
Peso aproximado.	O	E
Resistencia interna	S	G
Medidas	I	A
	T	T
	I	I
	V	V
	O	O

FIGURA 5. Baterías, forma de conexión

Características del panel solar:



FIGURA 6. Foto panel, Módulo cristalino upsolar UP-M310P

Potencia máxima (Pmax):	310 W
Voltaje máximo pico pico:	36.3 Vmpp
Intensidad máxima pico (Impp):	8.54 A
Voltaje circuito abierto (Voc):	46.0 V
Intensidad circuito abierto (Isc):	8,82 A
Medidas de la célula:	156 * 156 mm
Medida del panel:	1610 * 810 mm
Peso:	18 kg
Cantidad de Células:	72 (6 X12)
Tipo de célula:	Silicio policristalino
Potencia nominal:	+ / - 3%

TABLA 7. Características de los paneles solares.

Características del Inversor:



FIGURA 7. Foto inversor.

Potencia	2000W
Potencia nominal en continua:	2000W
Eficiencia máxima:	93%
Tensión nominal de entrada:	12 V - 24V
Corriente nominal de entrada:	46 A
Rango de tensión de entrada:	9,5 -17 V
Tensión nominal de salida:	110 V
Consumo en modo stand-by:	150 mA
Detección de carga:	1-25 W
Rango de temperaturas	20/55 °C
Dimensiones:	480x297X242 mm
Peso:	33 Kg
Corriente máxima del cargador:	110 A
Salida senoidal	100%
Regulador	SI

TABLA 8. Características del inversor.

Regulador incluido opcional

Aguanta sobrecargas temporales de hasta el 300%

Protegido contra cortocircuitos en la carga

Óptima coordinación del regulador de carga y el inversor

Características del Regulador



FIGURA 8. Foto regulador

Tomado de: http://www.sumsol.es/pdf/106_reguladores/106-11-reguladores-Xantrex-serie-C-ED0712.pdf

Características eléctricas

Configuración de voltaje:	12 V
Tensión máxima de carga solar en circuito abierto:	55 V
Carga / Corriente de carga a 25°C:	30 A
Corriente pico máxima:	45 A
Caída de tensión máxima a través del controlador:	0,3v
Consumo normal en funcionamiento:	15 mA
Consumo normal en estado inactivo:	3 mA
Tamaño de cableado recomendado:	16 mm ²
Rango de temperatura:	0 a 40 °C

TABLA 9. Características del regulador.

Características y opciones

Método de regulación:	Tres etapas (bruto, absorción y flotación), Estado sólido, modulación de ancho entre pulsos.
Puntos de ajuste de control:	Dos puntos de ajuste de voltaje por el usuario para el control de cargas o fuentes de carga (se mantiene si se desconecta la batería).
Panel de visualización:	Pantalla LCD alfanumérica con iluminación posterior que muestra el voltaje de la batería, el amperaje de cc, los amperios hora acumulados y los amperios hora desde la última puesta a cero.
Carga de compensación:	compensación automática cada 30 días

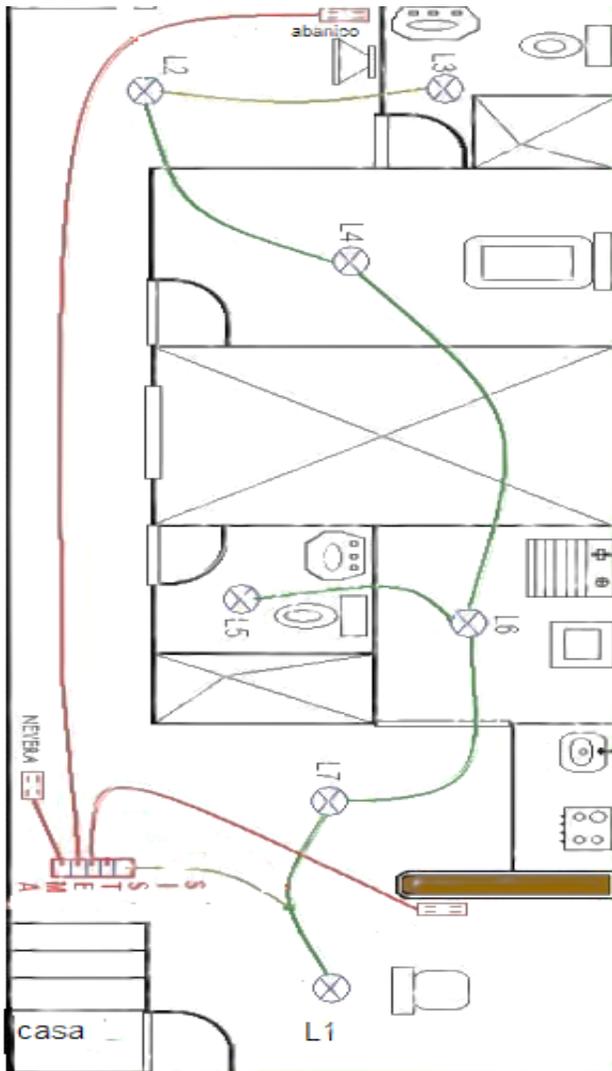
PRESUPUESTO

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL EN \$
BATERIA GELA 12V 100AH MARCA NARADA	1	\$ 615.516	\$ 615.516
MÓDULO POLICRISTALINO <i>UPSOLAR, UP-M310P</i>	2	\$ 883.456	\$1.766.912
REGULADOR DE CARGA 30 ^a	1	\$ 214.546	\$214.546
INVERSOR / CARGADOR ONDA SENOIDAL HPC 2000w 110V ; 60HZ	1	\$ 1.950.000	\$1.950.000
OTROS ARTICULOS		\$ 373.540	\$373.540
TOTAL			\$4.920.514

Tabla N°10. Características, cantidad y costos de los elementos a utilizar

Nota: el valor de estos productos son del 20/10/ 2015.

PLANO ELECTRICO DE LA CASA



FiguraN°9 Diagrama general del sistema de transferencia, red local y conexión interna de la casa.

TRANSFERENCIA MANUAL MEDIANTE BREAKERS

Es un proceso manual que permite alimentar una carga mediante operación mecánica manual, permitiendo la conmutación de dos fuentes de energía una a la vez. Normalmente el mecanismo de transferencia manual está compuesto por un par de breakers enclavados mecánicamente, que solo permite la energización de un breaker a la vez, para así evitar conexiones erradas y peligrosas que puedan conllevar a accidentes lamentables entre dos fuentes diferentes.

La gran diferencia entre la conmutación de transferencia automática y la transferencia manual es que esta última no tiene elementos electrónicos que permitan el censado de señales y el control de emergencia. Por medio de este mecanismo manual de transferencia, se pretende manipular el circuito.

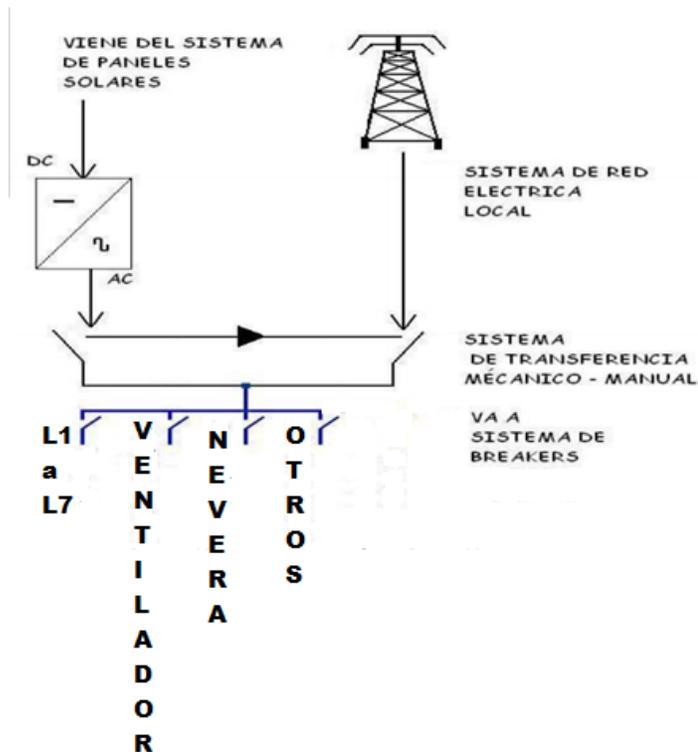
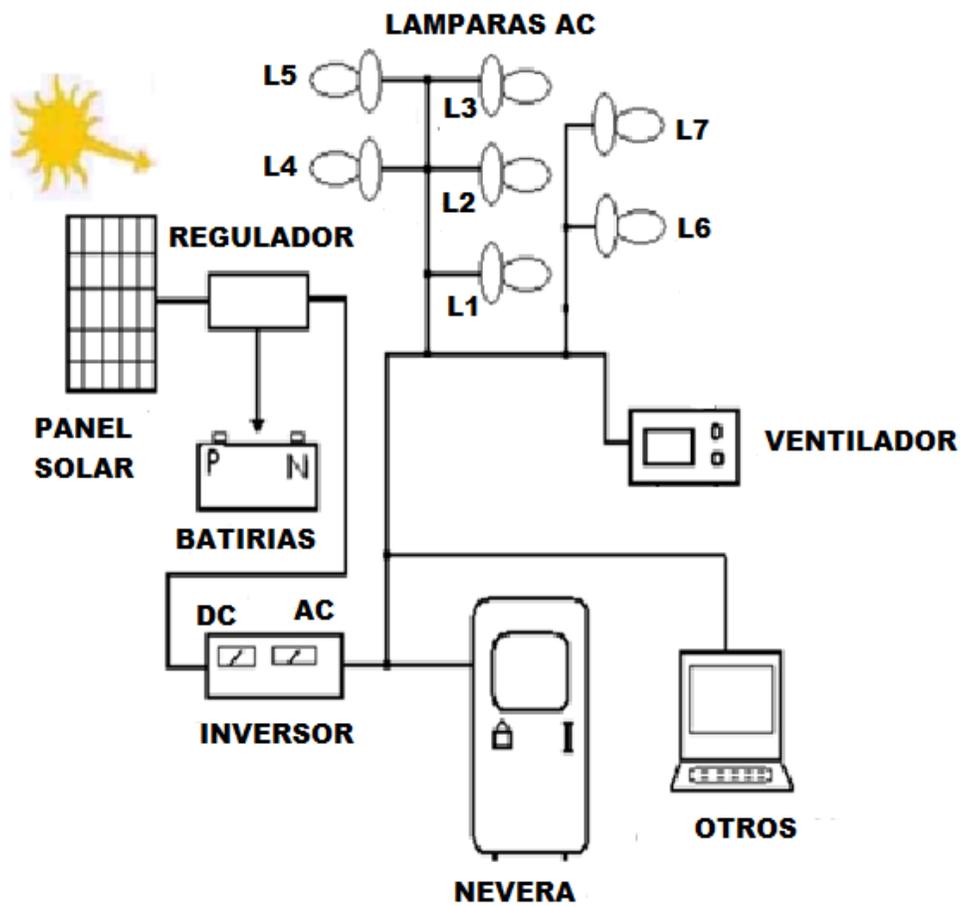


Figura N°10. Sistema de transferencia y red local.

El plano anterior muestra la forma de conexión de la energía obtenida del sistema de paneles solares y el sistema de alimentación de energía de la red eléctrica. Este sistema de transferencia manual, permite la posibilidad de seleccionar que tipo de sistema de energía eléctrico se desea que opere, uno a la vez para la alimentación de los elementos instalados en cada apartamento.

DIAGRAMA GENERAL DE LA CONEXIÓN DEL SISTEMA DE PANELES SOLARES



Figura°11. Sistema completo desde el panel solar al interior de la casa y el total de los elementos conectados

ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se presentan los análisis obtenidos de los datos relacionados en graficas donde se muestra el consumo (Kw/h) de la casa sin el sistema implementado, también se muestra el consumo (Kw/h) de la casa con el sistema en funcionamiento asimismo una gráfica comparativa que evalúa el desempeño. se deben tener en cuenta los cálculos realizados para el montaje de este proyecto. El mecanismo utilizado fue tomar 12 muestras (recibos de luz), de las cuales 6 son con el sistema en OFF y las restantes son con el sistema en ON. Cabe resaltar que el dimensionamiento se realizó en una escala de 5 a 1, esto se debe al costo de los materiales utilizados.

CONSUMO EN PESOS DE LA VIVIENDA DESPROVISTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Meses.	junio	Julio	agosto	septiembre	octubre	Noviembre
Consumo de la factura de luz en pesos.	\$158.000	\$145.921	\$160.210	\$152.849	\$141.591	\$154.148

Nota: Los valores en esta tabla son en pesos colombianos

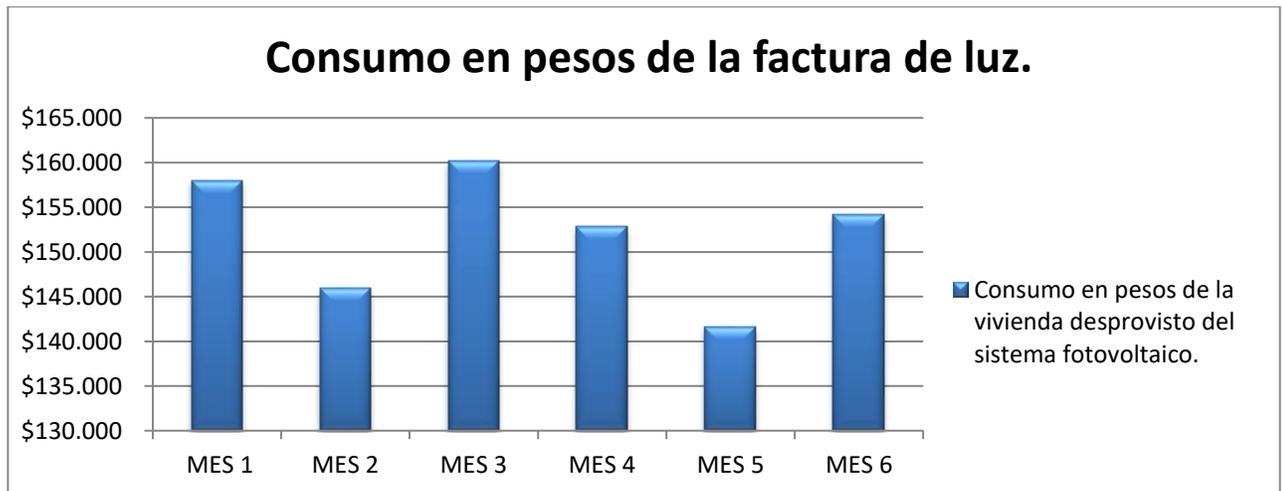


Tabla 11 consumo en pesos de la vivienda desprovisto del sistema fotovoltaico

CONSUMO EN PESOS DE LA VIVIENDA CON EL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Meses.	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo
Consumo de la factura de luz en pesos.	\$120.807	\$110.415	\$120.807	\$95.693	\$123.405	\$131.199

Nota: Los valores en esta tabla son en pesos colombianos

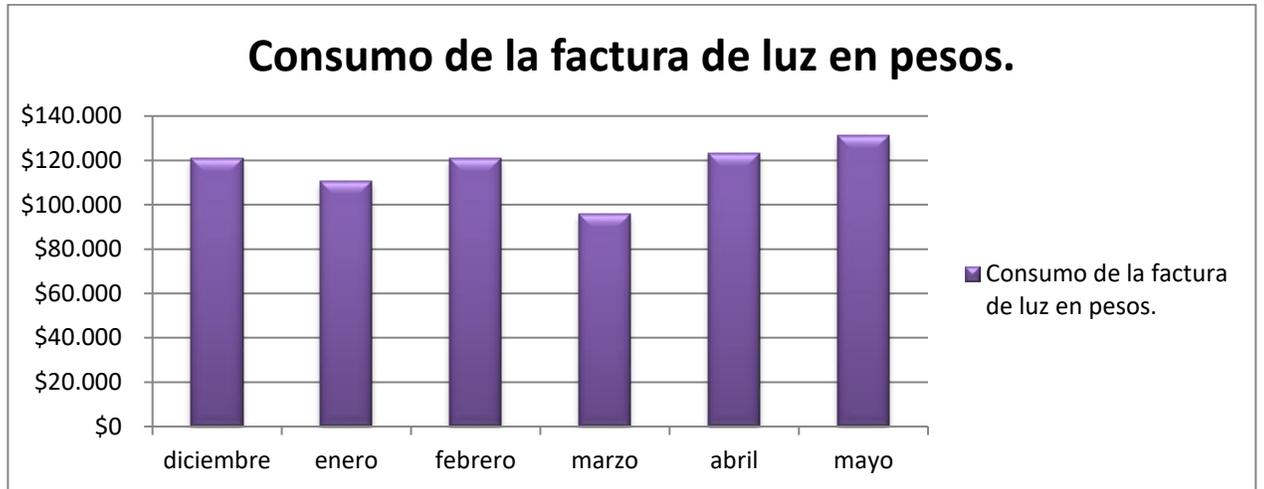


Tabla 12 consumo en pesos de la vivienda con el sistema fotovoltaico.

CONSUMO EN PESOS DE LA VIVIENDA DESPROVISTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO VS CONSUMO EN PESOS DE LA VIVIENDA CON EL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

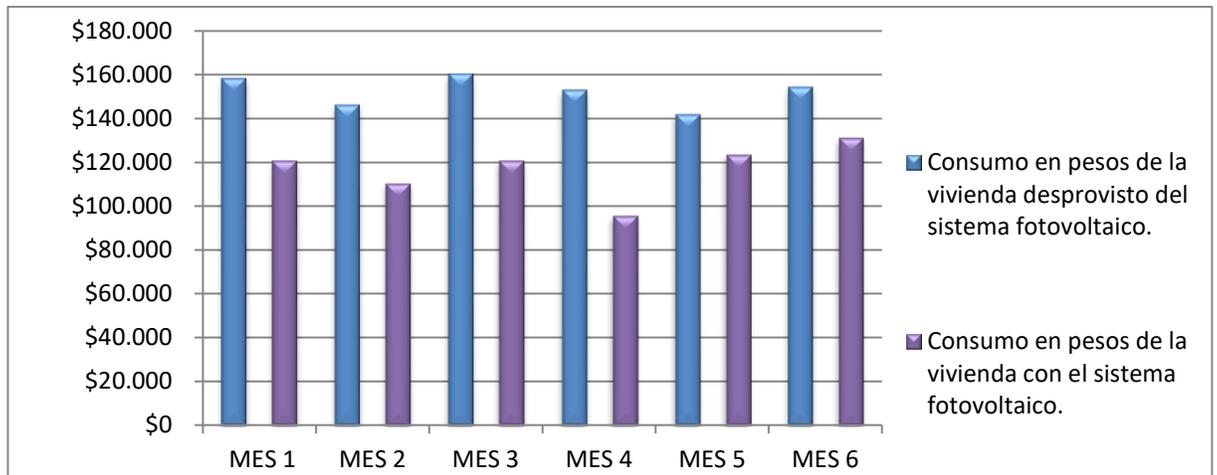


Tabla 13 consumo en pesos de la vivienda desprovisto del sistema fotovoltaico vs consumo en pesos de la vivienda con el sistema fotovoltaico.

Nota: Los valores en esta tabla son en pesos colombianos.

CONSUMO EN Kw/h DE LA VIVIENDA DESPROVISTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Meses	junio	Julio	agosto	septiembre	octubre	Noviembre
Consumo de la factura de luz en Kw/h.	336Kw/h	337 Kw/h	370 Kw/h	353 Kw/h	327 Kw/h	356 Kw/h

Nota: Los valores en esta tabla son tomados de la factura del prestador del servicio de energía.

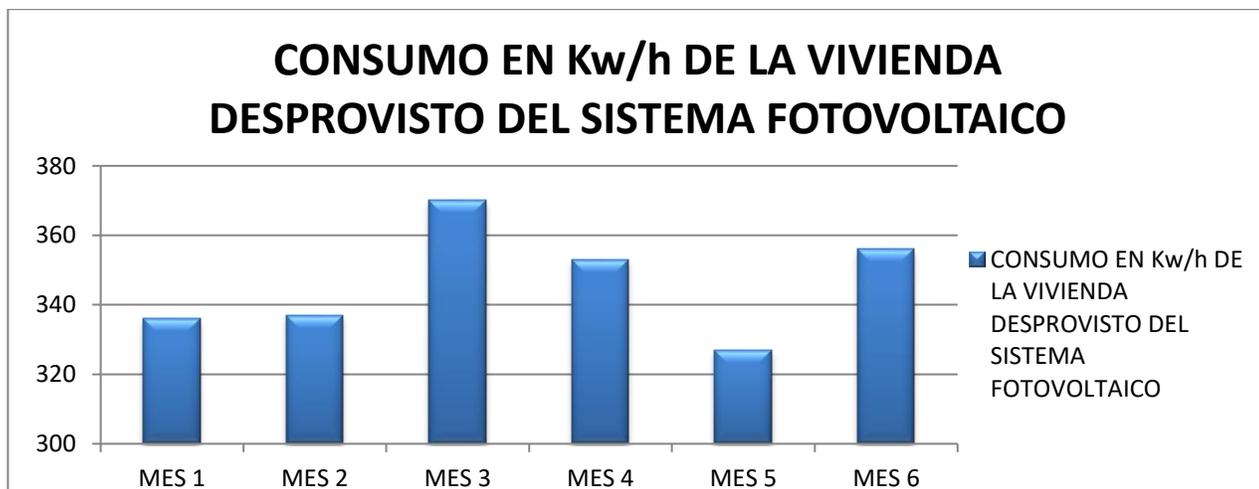


Tabla 14 consumo en kw/h de la vivienda desprovisto del sistema fotovoltaico

CONSUMO EN Kw/h DE LA VIVIENDA CON EL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Meses.	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo
Consumo de la factura de luz en Kw/h.	279 Kw/h	255 Kw/h	279 Kw/h	221 Kw/h	285 Kw/h	303 Kw/h

Nota: Los valores en esta tabla son tomados de la factura del prestador del servicio de energía.

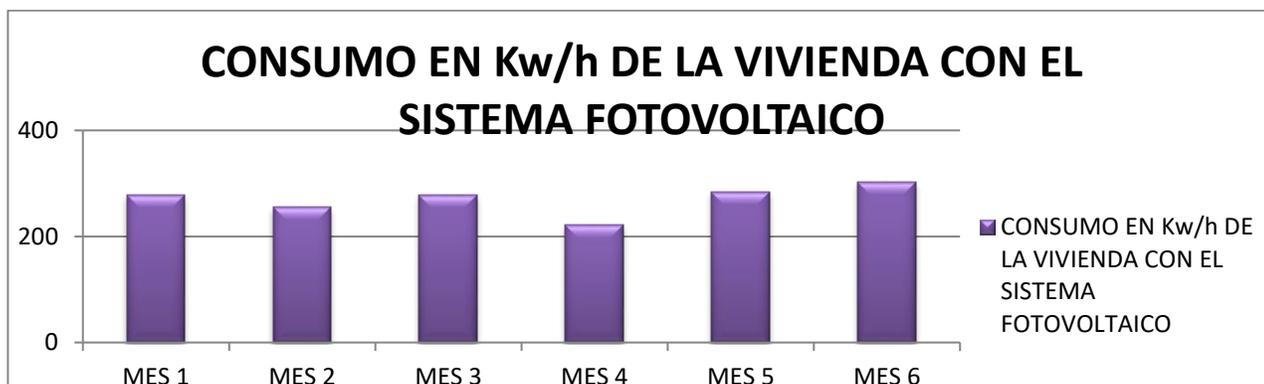


Tabla 15 consumo en kw/h de la vivienda con el sistema fotovoltaico.

CONSUMO EN Kw/h DE LA VIVIENDA DESPROVISTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO VS CONSUMO EN Kw/h DE LA VIVIENDA CON EL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

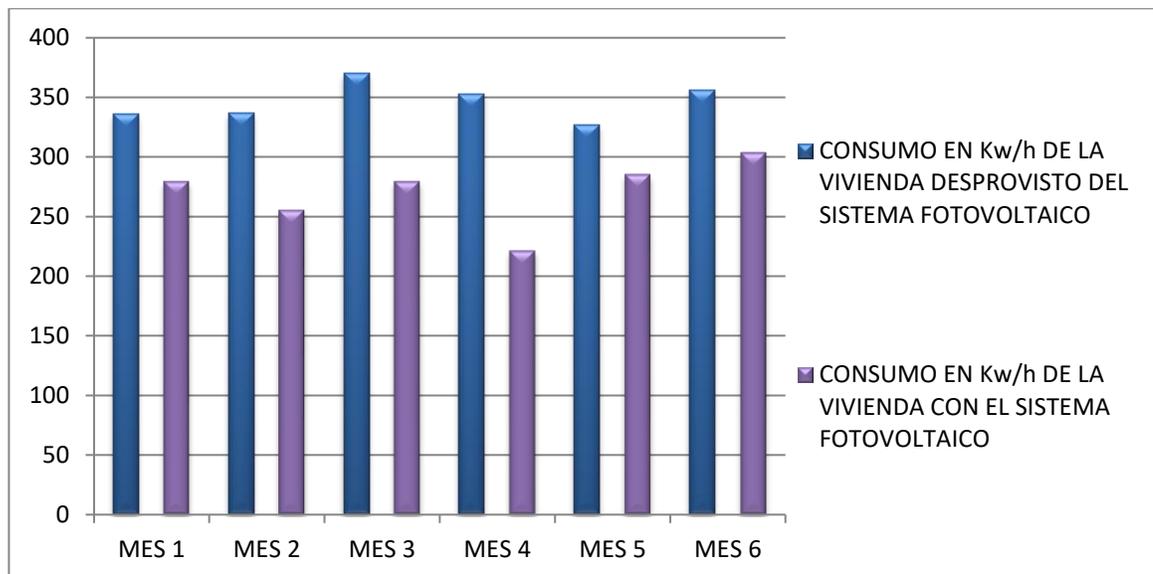


Tabla 16 consumo en kw/h de la vivienda desprovisto del sistema fotovoltaico vs consumo en kw/h de la vivienda con el sistema fotovoltaico.

Nota: Los valores en esta tabla son tomados de la factura del prestador del servicio de energía.

El resultado fue una disminución proporcional de los recibos de luz durante los meses que se implementó el sistema fotovoltaico. Por otro lado se calcularon los datos de consumo necesarios para garantizar la producción de energía demandada por los electrodomésticos, los resultados fueron en la teoría el sistema genera 1.82Kw/d los cual al mes será 56.4Kw/m. el sistema fotovoltaico en funcionamiento da como resultado 53,58Kw/m, el cual con respecto al teórico tiene un 5% de perdidas las cuales son asociadas al entorno.

El consumo promedio de energía de la casa es \$152.120 pesos colombianos correspondientes a 349Kw/h por mes, el consumo promedio de energía de la casa con la planta fotovoltaica es \$117.055 pesos colombianos correspondiente a 271Kw/h. Dándonos como resultado clave un ahorro del 23.06%. En lo referente al análisis de costos se tiene lo siguiente:

- El valor en el mercado de los componentes del sistema relacionado en la tabla 10, muestra altos precios. .
- La mano de obra especializada y puesta en marcha del sistema sumada a lo anterior hace que el proyecto por su costo no sea de fácil adquisición para el común de la gente, por lo menos a nivel nacional.
- El costo de la implementación del sistema para esta casa, asciende aproximadamente \$5'201.344 con una garantía del fabricante de diez años por defectos de fábrica y 25 años por pérdida de potencia que puede ser mayor de acuerdo a unas condiciones adecuadas de mantenimiento. A pesar que el sistema genera un ahorro del 23.06% en la factura de luz será en dinero \$35.117 pesos los cuales son un ahorro inmediato en la factura, pero ya hablando de recuperar la inversión inicial se demora 12 años aproximadamente.
- Para el montaje de los paneles solares debe tener en cuenta la orientación de la casa la cual debe estar mirando al sur o este-oeste, si no cumple estos requisitos el montaje será más costoso debido a que hay que colocar estructuras las cuales colocan los paneles en la dirección adecuada para mayor eficiencia
- La implementación un sistema fotovoltaico aislado en una casa en la ciudad de barranquilla es inviable a nivel del costo-beneficio económico, debido a que la

recuperación del capital inicial llevara 12 años para su recuperación, pero si el cliente no busca recuperar su dinero sino ayudar al medio ambiente, se encuentra insatisfecho con el servicio de luz que le suministra la empresa encargada, una plata solar es la opción adecuada, rentable siempre y cuando se respete los tiempos de uso que se dan a conocer cuando se realiza el dimensionamiento.

- La adquisición de un sistema fotovoltaico sería viable económicamente si estuviera en su totalidad en vigencia la ley 1715 de mayo del 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético, esta en el capítulo III consta de 4 artículos que hablan de incentivos a la inversión en proyectos de fuentes no convencionales de energías.





CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación presentada, se analizó la viabilidad para la implementación de sistemas fotovoltaico para uso de una vivienda en la ciudad de barranquilla, podemos concluir que es posible disminuir el consumo de energía en un 23.06% con el sistema implementado en esta vivienda, es un ahorro significativo en el consumo mensual no teniendo en cuenta el costo del sistema, para llegar a esta cifra se realizó un proceso cuidadoso.

Se Calculó el consumo de los diferentes elementos que fueron conectados al sistema fotovoltaico, esto como primer paso para realizar el dimensionamiento y saber cuánta carga debe soportar. Se diseñó y realizo conexión eléctrica del alumbrado, las zonas de carga para los dispositivos y se señalizó el sistema de transferencia que se conectará al sistema de paneles solares, esto se debe para evitar cortocircuitos, un mal acople del sistema y que la energía retorne por el medidor de luz, esto último se debe

tener en cuenta ya que en Colombia no se encuentran disponibles medidores bidireccionales.

Se realizó estudio para la implementación de sistema fotovoltaico, como propuesta alterna de generación de energía, para el alumbrado y dispositivos, analizando la relación costo-beneficio económico de una vivienda en la ciudad de barranquilla, dando como respuesta que si existe un ahorro en el consumo de energía el cual es superior al 20%, pero debemos tener en cuenta que el costo del equipo fotovoltaico es muy costoso y ya hablando de recuperar la inversión inicial se demora 12 años aproximadamente.

Podemos concluir que para que sea viable económicamente un sistema fotovoltaico se deben realizar a muy corto plazo implementar más incentivos para el desarrollo de las tecnologías limpias iguales la ley 697 y 1715 y esperar que estas nuevas fuentes de energías renovables ganen cada vez más terreno e importancia en un futuro, ojala no muy lejano, debido a la gran realidad y latente necesidad de reducir los daños al medio ambiente causados por las fuentes fósiles.

RECOMENDACIONES

Para efectos de mantenimiento de la casa, se recomienda el montaje del sistema fotovoltaico sea aislado ya que con esto evitamos una sobre carga y posterior retorno de la energía al contador dando como resultado que genere fraude ya que en Colombia todavía no se implementan los medidores bidireccionales.

Los cálculos elaborados solamente son recomendados para consumos según la tabla N°5 “Potencia de los electrodomésticos”, ya que si se usan tiempos diferentes a los señalados en esta o se conectan elementos diferentes a los mencionados, los tiempos de carga de las baterías serían mucho menores, por tal motivo se deben conservar y respetar los valores señalados en la tabla antes mencionada.

Tener en cuenta la orientación de los paneles para sí tener mayor eficiencia, debido a nuestra posición geográfica deben colocarse mirando hacia el sur o de este a oeste. Si el lugar donde se realizara estas instalaciones no tiene esas posiciones a su favor encarecerá el montaje de estos sistemas.

CRONOGRAMA

Mes	Julio				Agosto				Enero				Abril				Julio
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Fase 1. Inicio e investigación preliminar.																	
Investigación bibliográfica																	

Consulta con proveedores	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Fase 2. Diseño y cálculos																	
Cálculos					■	■	■	■	■	■	■						
Elaboración del diseño					■	■	■	■	■	■	■						
Fase 3. Entrega del proyecto																	
Correcciones por parte del asesor			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Sustentación																	■

REFERENCIAS

- Aplicación de la ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA; proyectos rurales de cooperación al desarrollo. JORGE AGUILERA TEJERO, EDUARDO LORENZA PIGUEIRAS, Diciembre 1993. “libro U de A, 333.792 3 A283a”

- Análisis energético industrial del valle de Aburrá; FARID CHEJNE JANNA “U
Nal de Colombia; KATERINA MARIA SÁNCHEZ PARRA “UPB; ANDRÉS
AMEL ARRIETA “U de A”; Area Metropolitana, del Valle de Aburra. 2007.
- ETSI INDUSTRIALES, UPM TESIS DOCTORAL Departamento de Ingeniería
Eléctrica Julio Amador Guerra VARIABLES ECONÓMICAS Página 90
INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION.
- Secondary Cells and Batteries for Solar Photovoltaic Energy Systems –
General Requirements and Methods of Test. Geneve 1999. 25 p. (IEC
61427).
- [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/3-
Mapas_Brillo_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/3-Mapas_Brillo_Solar.pdf)
- [http://www.celdassolaresflexibles.com/index_files/OEM_Components/Tech_
Info rmation_OEM.php](http://www.celdassolaresflexibles.com/index_files/OEM_Components/Tech_Information_OEM.php)
- <http://www.catalogosolar.com/inversor-cargador-steca-hpc-2.800-12.html>
- <http://resiklan.wordpress.com/category/disenio/page/2/melanina>
- <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12.pdf>
- [http://www.textoscientificos.com/energia/aplicaceldas.](http://www.textoscientificos.com/energia/aplicaceldas)