

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE ALUMBRADO
AUTOSUFICIENTE CON USO DE ENERGÍA SOLAR-EÓLICA Y, TECNOLOGÍA
LED APLICADA A LA LUMINARIA UBICADA EN LA CRA 10 #12A JUNTO A
LA PORTERIA DE LA UNIMINUTO**

HAROLD ANDRES CARDENAS SANCHEZ

NICOLAS PERDOMO GARAVITO

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTA DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA
VI SEMESTRE
UNIMINUTO – GIRARDOT
2015 – 1**

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE ALUMBRADO
AUTOSUFICIENTE CON USO DE ENERGÍA SOLAR-EÓLICA Y, TECNOLOGÍA
LED APLICADA A LA LUMINARIA UBICADA EN LA CRA 10 #12A JUNTO A
LA PORTERIA DE LA UNIMINUTO**

HAROLD ANDRES CARDENAS SANCHEZ

NICOLAS PERDOMO GARAVITO

TRABAJO DE GRADO

ÁNGEL HERNANDO PALACIOS LOZANO

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTA DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA
VI SEMESTRE
UNIMINUTO – GIRARDOT
2015 – 1**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nota 1: _____

Nota 2: _____

Nota 3: _____

Jurado 1

Jurado 2

Jurado 3

Girardot, 16 junio de 2015

DEDICATORIA

El siguiente trabajo está dedicado a todas aquellas personas que han hecho posible este sueño, de antemano dedico este logro a Dios por acompañarnos en este largo camino, por estar ahí cuando habíamos perdido la fe y no permitir que perdiéramos el horizonte. También a nuestros padres por su esfuerzo, constancia y por ser las primeras personas en estar hay siempre apoyándonos y dedicando todas su vida por convertirnos en personas de bien, por hacer todo lo posible y lo imposible para lograr que nosotros cumpliéramos este sueño. A los maestros que a lo largo de esta carrera nos han brindado parte de su conocimiento, para la formación de un ser íntegro y capaz. Por ultimo dedico este gran triunfo a los amigos, que siempre estuvieron hay con nosotros a pesar de la Distancia, que jamás dejaron de creer en nosotros, a esos amigos que hacen de tu vida sean maravillosa.

Gracias a todos por acompañarnos en este viaje, para muchos es el fin de la carrera, para nosotros el comienzo de una vida profesional, una vida que estará llena de bendiciones y de éxitos, solo si ustedes siguen caminando de la mano con nosotros, para todos ustedes que estuvieron ahí, dedico este gran trabajo.

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento de este trabajo en primera instancia es a Dios por brindarnos la sabiduría y el entendimiento para así llevar acabo nuestros logros y cumplir nuestros objetivos, después a nuestros padres por el apoyo que nos brindan a diario, por ser un claro ejemplo de sacrificio y lucha constante con la finalidad de siempre dar lo mejor de nosotros, por dejarnos la mejor herencia que puede brindársele a un hijo, que es la educación.

Al ingeniero Armando Darío Tovar, no solo por ser el creador intelectual de este maravilloso proyecto, sino también por abrirnos las puertas de su taller para asesorarnos cuando tuvimos inquietudes o dudas, por estar pendiente y acompañándonos en todo este proceso.

A la empresa IAMNSA que nos apoya con abrirnos la puerta de sus instalaciones para el desarrollo de nuestro proyecto, en especial al Ingeniero Martin Pinilla quien nos ha compartido su conocimiento para el complemento del mismo.

A nuestro asesor Charles Richard Torres, por acompañarnos y darnos ese apoyo incondicional las veces que más lo necesitábamos, por brindarnos so voto de confianza, por creer en nosotros y ayudarnos las veces que lo necesitábamos y finalmente a los maestros que nos han acompañado a lo largo de estos años compartiéndonos sus experiencias y por ayudarnos en la formación profesional, espiritual y moral.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO PROBLEMA	13
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	17
3.1. OBJETIVO GENERAL	17
3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	17
4. MARCOS DE REFERENCIA	18
4.1. ANTECEDENTES	18
4.2. MARCO LEGAL	19
4.2.1. Normatividad Internacional.	19
4.2.2. Normatividad Colombiana.	20
4.2.2.1. Sistemas Fotovoltaicos.	20
4.2.2.2. Sistemas Eólicos.	23
4.2.2.3. Beneficios Tributarios.	24
4.3. MARCO CONCEPTUAL	27
4.4. MARCO TEÓRICO	32
4.4.1. Energía	32
4.4.2. Electricidad	33
4.4.2.1. Corriente eléctrica.	33
4.4.2.2. Ohmio.	33
4.4.2.3. Energía eléctrica	33

	Pág.
4.4.3. Energías renovables	33
4.4.4. Energía solar	35
4.4.4.1. Transformación de energía.	37
4.4.4.2. La energía solar fotovoltaica.	38
4.4.4.3. Energía solar térmica.	39
4.4.4.4. Energía solar pasiva.	40
4.4.5. Energía eólica.	40
4.4.5.1. Energía eólica en Colombia.	42
4.4.5.2. Generación eléctrica.	45
4.4.5.3. Fuerza motriz.	45
4.5. MARCO GEOGRÁFICO	47
5. METODOLOGÍA	50
5.1. DIAGRAMAS DE BLOQUES.	50
5.2. MATERIALES	51
5.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	53
5.3.1. Panel solar.	53
5.3.2. Aerogenerador.	54
5.3.3. Regulador.	54
5.3.4. Batería.	55
5.3.5. Fococelda.	55
5.3.6. Chip LED.	56

5.3.7. Proteus.	57
5.3.8. Ares.	57
5.4. SIMULACIONES Y DISEÑOS INICIALES	57
5.4.1. FOTOCELDA.	57
5.4.2. Alarma con 555.	59
5.4.3. Regulador y módulo de control.	61
5.5. PRUEBAS Y RESULTADOS	63
5.6. CÁLCULOS	66
6. CONCLUSIONES	68
7. BIBLIOGRAFIA	69

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Grupos de energías renovables	34
Tabla 2. Relación de tipo de cielo y radiación solar en W/M2	37
Tabla 3. Velocidad del viento en metros por segundo M/s	41
Tabla 4. Rangos de rigurosidad de acuerdo al tipo de terreno	42
Tabla 5. Rangos de velocidad del viento en metros por segundo M/s	43
Tabla 6. Posibilidad de uso de la energía eólica según el promedio anual del viento a 10 Mts de altura	44
Tabla 7. Lista de materiales y precios por unidad	52
Tabla 8. Datos Horas/Voltaje captado por celda solar	64

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Representación Energía Solar	36
Figura 2. Atlas de radiación solar en Colombia por kWh/m ²	37
Figura 3. Energía solar fotovoltaica	38
Figura 4. Energía solar térmica	39
Figura 5. Energía solar pasiva	40
Figura 6. Generación del viento	41
Figura 7. Zonas de corriente de aire en Colombia	44
Figura 8. Generadores eólicos o aerogeneradores	46
Figura 9. Ubicación de Colombia en el Mundo	47
Figura 10. Mapa del departamento de Cundinamarca	48
Figura 11. Mapa de Girardot-Ubicación Geográfica	49
Figura 12. Diagrama de bloques sistema general para alumbrado público	50
Figura 13. Diagrama sistema general para alumbrado público	51
Figura 14. Panel Solar Policristalino	53
Figura 15. Aerogenerador Vertical	54
Figura 16. Regulador CNTPO2	55
Figura 17. Batería Seca	55
Figura 18. Fotocélula pública implementada en sistema de alumbrado público tradicional	56
Figura 19. Chip Led de 50W	56

	Pág.
Figura 20. Circuito en proteus de la fotocélula activada	57
Figura 21. Circuito en proteus de la fotocélula desactivada	57
Figura 22. Diseño en ares-proteus de la fotocélula	58
Figura 23. Diseño en 3D del circuito de la fotocélula	58
Figura 24. Diseño de simulación en proteus del sistema de alarma desactivada	59
Figura 25. Diseño de simulación en proteus del sistema de alarma activada	59
Figura 26. Diseño en ares del circuito de alarma	60
Figura 27. Vista del diseño en 3D del circuito de alarma	60
Figura 28. Diseño de circuito en proteus de sistema de regulación	61
Figura 29. Diseño de circuito en proteus de módulo de control con relés de módulo de control con relés acoplados	61
Figura 30. Diseño de circuito en ares de módulo de control con relés acoplados	62
Figura 31. Vista en 3D del circuito del sistema de módulo de control	62
Figura 32. Foto del firmamento nublado y despejado del día de prueba de panel solar	63
Figura 33. Pantallazo de ubicación de Cra. 12a google maps	66
Figura 34. Pantallazo programa web Nasa Surface meteorology and Solar Energy para niveles de radiación	66
Figura 35. Pantallazo programa web Nasa Surface meteorology and Solar Energy para niveles de radiación durante el año	66

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los sistemas de abastecimiento eléctrico a nivel mundial son tomados en gran parte por los combustibles fósiles, como es el caso del petróleo, el carbón, gas, gasoil, entre muchos otros. En el proceso de combustión, para la transformación de estos compuestos en energía eléctrica, es emitido a la atmosfera una gran cantidad de desechos; entre los cuales se encuentran partículas de azufre y nitrógeno, gases de efecto invernadero como es el caso del metano, monóxido y dióxido de carbono, entre otras sustancias altamente contaminantes, produciendo cambios en el equilibrio del medio ambiente, la salud del ser humano y el ecosistema de los seres vivos que habitan la tierra, el calentamiento global es un factor relevante en este cambio.

En el territorio nacional, la principal fuente de abastecimiento al sistema de energía eléctrica es brindada por el recurso hídrico (hidroeléctricas), con el que cuenta la mayor parte del país, en segunda instancia se encuentran las termoeléctricas (combustibles fósiles). Debido a los grandes cambios climáticos generados por la problemática del calentamiento global y el agotamiento de los combustibles fósiles, se ha generado un aumento en la demanda del consumo de la energía eléctrica, se evidencia la necesidad de realizar un cambio en el sistema de abastecimiento y producción de energía.

El uso de las energías renovables, como la energía solar y eólica como las principales fuentes para la generación de energía eléctrica, podrían causar un impacto positivo que contribuiría al cuidado del medio ambiente, ya que la variabilidad de climas con la que cuenta el territorio nacional es favorable para el desarrollo de este sistema.

El sistema de alumbrado público, es uno de los escenarios principales para la implementación y desarrollo de este nuevo sistema, ya que el consumo de energía eléctrica de este sector es bastante, la implementación de nuevas tecnologías como es el caso de la tecnología LED acoplado a un sistema de abastecimiento eléctrico autosuficiente, aportaría en el ahorro del consumo de energía eléctrica, el sistema de iluminación en general centrándose en la aplicabilidad, ciclo de vida y la capacidad para mejorar la eficiencia.

1. PLANTEAMIENTO PROBLEMA

El agotamiento de las fuentes tradicionales de energía (combustibles fósiles) ha puesto a la mayoría de países del mundo a encontrar soluciones en las energías alternativas, según la Agencia Internacional de Energía (AIE) la base de la vida moderna depende en un 80% del petróleo y a medida de que los países se industrializan su población aumenta, junto a esto el consumo de energía eléctrica. Colombia es uno de los países del cual su producción de energía primaria proviene de la hidroelectricidad, ya que cuenta con una abundante zona de agua en la mayor parte de su territorio.

Girardot, muestra tener con su ubicación geográfica un gran potencial en el aprovechamiento de energías renovables, como es el caso de la energía solar y en algunos sectores la energía eólica.

La totalidad de su energía eléctrica suministrada es producto del recurso fluvial con él que cuenta la mayor parte del territorio nacional, sin embargo se observó falencias tales como las malas administraciones, la falta de recursos financiero, infraestructura y tecnologías que impidieron buscar otras alternativas de solución para la producción de energía que tuviera un menor impacto negativo en el medio ambiente.

Se sostiene que el municipio paga por el servicio de energía eléctrica más cara del departamento, que es facturada por la Empresa de Energía de Cundinamarca (EEC), quien es la encargada de la comercialización del servicio, luego de comprar la energía en el mercado mayorista donde se concentran todas las empresas generadoras, entre las que sobresalen las Empresas Públicas de Medellín, y se afirma que es una de las principales proveedoras de las EEC. (TIEMPO, 2004)

Junto a esto nace que el sostenimiento del sistema de alumbrado público, representa una gran carga para el sistema eléctrico de la ciudad. Esto evidencia a grandes rasgos problemas de eficiencia, tecnología, abastecimiento, control e impacto ambiental, sin dejar de lado el alto costo de la energía eléctrica he impuestos que se deben cancelar a las entidades encargadas de brindarnos un sistema de iluminación tanto para los diferentes sectores públicos.

Todo se basa en que el kilovatio en la localidad, avalado por la **Comisión de Regulación de Energía y GAS (Creg)**, cuesta 384 pesos, 150 pesos más de lo que se cobra por un kilovatio en la ciudad de Bogotá. Otra referencia es que la tarifa promedio a nivel nacional es de 280 pesos por kilovatio. (TIEMPO, 2004)

La implementación de un nuevo sistema de alumbrado público y su incorporación está sujeta a estudios técnicos y de adaptabilidad a nuestro medio, sin embargo es tendencia en las grandes potencias tecnológicas a nivel mundial. Por tal razón, dentro del sistema de alumbrado, se considera de vital importancia generar la siguiente pregunta.

¿Cómo se puede desarrollar el prototipo de un sistema electrónico de alumbrado público autosuficiente que acople la energía solar-eólica y utilice tecnología led aplicada a una luminaria que estará ubicada en la cra 10 #12a junto a la portería de la UNIMINUTO?

2. JUSTIFICACIÓN

A medida de que los países se industrializan tienden a consumir más energía, Colombia es un país que se encuentra en vía de desarrollo, el cual su principal fuente de energía eléctrica es la hídrica y después el combustible fósil como el carbón, petróleo y gas, las cuales no se renueva y se va agotando año tras año.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), que es el portavoz autorizado de las Naciones Unidas sobre el tiempo, el clima y el agua, ha reflejado en su último Boletín sobre los gases de efecto invernadero (GEI) que, entre 1990 y 2011, hubo un aumento de un 30 % del forzante radiactivo, el efecto del calentamiento en el clima de la Tierra-- a causa de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases que atrapan calor de larga duración. (españoles, 2012)

En 2006, una publicación de la Agencia Internacional de la Energía (World Energy Outlook 2006) estimó que la producción mundial de electricidad se duplicará en los próximos veinticinco años. Dentro de esta cifra, se espera que la producción de energía renovable crezca en un 57%. Para lograr esto será indispensable que la eficiencia de la energía eléctrica mantenga bajos costos y una alta calidad de servicio. (Energía A. I., 2006, pág. 2)

Ante esta perspectiva, los gobiernos acordaron en 1997 el Protocolo de Kyoto del Convenio Marco sobre Cambio Climático de la ONU (UNFCCC), el cual estableció que los países industrializados reducirían un 5,2% las emisiones de los principales gases de efecto invernadero y cada uno de ellos podrían contribuir en alcanzar esta meta utilizando las energías renovables y fomentando el ahorro energético.

Con respecto a lo mencionado anteriormente, lo inteligente sería aprovechar otras fuentes de energía que se encuentran en nuestro entorno tales como las corrientes de aire y la radiación solar, las cuales son renovables año tras año, no se agotan y además no contaminan el ambiente, lo que significa una doble ventaja para los ciudadanos, las empresas y el país en general.

La ciudad de Girardot es un atractivo turístico para las personas de la región, ya que se caracteriza por tener un clima cálido, días soleados y en ocasiones fuertes corrientes de aire, la cual la hace perfecta para ser el abre bocas en la utilización de las energías renovables.

Con el fin de generar electricidad a un sistema electrónico de alumbrado público. Se pretende desarrollar un sistema electrónico de alumbrado que sea autosuficiente por medio de las energías renovables tales como la solar-eólica, con un sistema de abastecimiento para energizar las luminarias LED que podrían ser implementados para iluminar los diferentes sectores de la ciudad en un futuro no muy lejano.

A diferencia de los sistemas de alumbrado público fotovoltaico tradicionales, este tipo de tecnología reúne dos sistemas de captación de energía, Esta tecnología corresponde a un sistema de iluminación integrado a un panel fotovoltaico y a un aerogenerador, un conjunto de baterías, además de una unidad de regulación y conversión que permite regular la carga y descarga de las baterías y manejar la energía que requiere la luminaria LED.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de un sistema electrónico de alumbrado público autosuficiente que utilice energía solar-eólica como fuentes de abastecimiento al sistema de iluminación basado en tecnología LED aplicada a una luminaria ubicada en la cra 10 #12a junto a la portería de la UNIMINUTO

3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Desarrollar un prototipo de sistema de alumbrado autosuficiente con tecnología LED estableciendo ciertos parámetros de funcionamiento del sistema de alumbrado que se va a implementar en función de la aplicación en las calles o avenidas en la ciudad de Girardot.
- Acoplar las fuentes de energía eólica y solar en un solo sistema para la maximización de los procesos de recolección, transformación y aprovechamiento de la energía eléctrica obtenida.
- Implementar diferentes dispositivos electrónicos que permitan el desarrollo de los procesos de transformación, regulación, almacenamiento y utilización de la energía eléctrica obtenida en el sistema de alumbrado público.
- Cumplir con las Norma Técnica Colombiana (NTC 900), Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) establecido por el ministerio de minas y energías para la implementación del sistema de alumbrado público.

4. MARCOS DE REFERENCIA

4.1. ANTECEDENTES

El uso de energías renovables, ha generado un gran impacto a nivel global, permitiendo liberarse de la dependencia del fluido eléctrico generado por agua y carbón. Uno de los sectores más relevantes para la implementación y la aplicación de este nuevo sistema de abastecimiento, es el alumbrado público LED.

Con la iluminación LED, sólo se genera luz en el espectro visible y en la frecuencia que se necesita, con el consiguiente menor consumo eléctrico. Específicamente, con nuestras luminarias podemos llegar a generar un ahorro en el consumo energético de hasta un 88%, además del costo, al ser aplicada en alumbrado público, la iluminación LED posee muchos otros beneficios. Por un lado, emiten una luz de mayor confort visual: permite distinguir mejor la forma y los colores de los objetos. Estas características permiten que se mejore el estándar lumínico, mejorando el nivel de seguridad en las calles. Por otro lado, no les afecta el encendido intermitente, son resistentes a las vibraciones y tienen una duración que supera varias veces la tradicional. (Energía A. , 2014)

El alumbrado público se encuentra en su mayor parte constituido por bombillas de mercurio, sodio de alta presión y metal halide (haluros metálicos), sin embargo su fuente de alimentación sigue siendo la energía primaria proveniente de la hidroelectricidad, ya que el territorio nacional cuenta con gran riqueza fluvial, y los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) reservas que en la actualidad se encuentran agotadas.

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), en el 2006 en su informe de investigación acerca de las políticas para la eficiencia energética en la iluminación, a nivel mundial el alumbrado público consume alrededor de 218 TWh, lo que representa el 8% del consumo de energía eléctrica usado en iluminación en el mundo para un año. Esta energía eléctrica se traduce en 16,1 Plmh (Petalumenes-hora) con fuentes a una eficacia promedio de 74 lm/W, cuyo costo es del orden de 1.33 US\$/Plmh, es decir, 18.7 billones de dólares a nivel mundial, de los cuales el 79% representa el costo de la electricidad, y el 21% restante corresponde a la infraestructura, instalación y mantenimiento. (Patiño, 2013, pág. 6)

Actualmente, existe una tendencia en los sistemas de alumbrado público a ser más eficientes, ecológicos y controlados, promoviendo energías alternativas nuevas llamada "Smart Grid". Esta abarca todo el sistema de alumbrado

público y sus diferentes tecnologías, desde las más antiguas como las bombillas incandescentes y las bombillas de alta intensidad de descarga dotadas con vapor de mercurio, hasta las actuales tales como el sodio de alta presión, los haluros metálicos o Metal Halide, y el futuro: LED. (Patiño, 2013, pág. 2)

En países con gran riqueza tecnológica como Japón, Alemania, Estados Unidos y China, la aplicación de un sistema de alumbrado con abastecimiento de la energía eólica y solar es un hecho.

A diferencia de los sistemas de alumbrado público fotovoltaico tradicionales, este tipo de tecnología reúne dos sistemas de captación de energía: Un sistema fotovoltaico que transforma la energía solar en energía eléctrica y un sistema eólico en base a un aerogenerador que transforma la energía del viento en energía eléctrica. Esta tecnología corresponde a un sistema de iluminación integrado a un panel fotovoltaico y a un aerogenerador, un conjunto de baterías, además de una unidad de regulación y conversión que permite regular la carga y descarga de las baterías y manejar la energía que requiere la luminaria. Este tipo de tecnología puede funcionar con o sin conexión alguna a la red eléctrica. (Energetica, pág. 6)

4.2. MARCO LEGAL

4.2.1. Normatividad Internacional.

La AIE (Agencia Internacional de Energía) y CEI (Comité Electrotécnico Internacional) generan normatividades como el CT 82, sistema de energía fotovoltaica solar y el CT 88, turbinas eólicas.

El **CT 82** (Comité Técnico 82) de la CIE prepara Normas Internacionales para sistemas de conversión fotovoltaica de energía solar a energía eléctrica y para todos los elementos del sistema de energía voltaica en su conjunto. En este contexto, el concepto de "sistema de energía fotovoltaica" incluye el campo entero, desde la entrada de luz a la célula solar hasta la interfaz con uno o varios sistemas eléctricos a los que se suministra energía. El CT 82 ha creado normas para términos y símbolos, para pruebas de corrosión por sal o por humedad, para la calificación del diseño y la homologación de módulos de silicio y de película delgada, así como para parámetros característicos de sistemas autónomos, entre otras cosas. (Energia A. I., 2006, pág. 7)

En el futuro, el trabajo del CT 82 incluirá:

- Puesta en servicio, mantenimiento y evacuación de residuos de los sistemas.
- Caracterización y medición de nuevas tecnologías de módulos fotovoltaicos de película delgada como CdTe, CIS, CuInSe₂, y otros.
- Nuevos sistemas de almacenamiento de tecnología.
- Aplicaciones en lugares con condiciones especiales, como zonas tropicales, altas latitudes y áreas marinas.

“El CT 82 también se propone tratar varios temas relativos a la seguridad de sistemas y componentes, incluyendo sistemas conectados en red para edificios, inversores conectados a compañías de electricidad, así como distintos aspectos de la protección medioambiental” (Energía A. I., 2006, pág. 7).

El **CT 88** de la IEC prepara normas relativas a la seguridad, a las técnicas de medición y a los procedimientos de pruebas para sistemas de generadores con turbinas eólicas. Este comité ha creado normas para requerimientos de diseño, técnicas de medición del ruido acústico, medición de cargas mecánicas y comunicaciones para el monitoreo y control de plantas de energía eólica. Su programa de trabajo actual incluye tanto normas como requerimientos de diseño para turbinas eólicas instaladas en el mar, para cajas de cambios y para pruebas de funcionamiento de parques eólicos. (Energía A. I., 2006, pág. 9)

4.2.2. Normatividad Colombiana.

Entre las normas colombianas sobre energía y electricidad encontramos como la más importante la norma técnica colombiana **NTC 900** cuarta actualización, la cual está avalada por el **ICONTEC**, esta norma establece unas reglas generales y especificaciones del alumbrado público en Colombia.

Otro reglamento importante en Colombia sobre alumbrado público es el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (**RETILAP**) en su resolución numero **N° 18-0540** del 30 de marzo de 2010, expedido por el ministerio de minas y energías, el cual establece los requisitos de eficacia mínima y vida útil de las fuentes lumínicas y se dictan otras disposiciones.

4.2.2.1. Sistemas Fotovoltaicos.

El **ICONTEC** ha publicado un número relativamente amplio de normas sobre energía solar, la mayor parte de ellas enfocadas en procedimientos para realizar ensayos en estos sistemas. Una buena parte de las normas sobre

colectores solares fue publicada a comienzos de los 90's, mientras que las normas sobre sistemas fotovoltaicos comenzaron a publicarse en 2005. (CIDET, 2012, pág. 2)

Entre las cuales encontramos:

NTC 1736, ENERGÍA SOLAR. DEFINICIONES Y NOMENCLATURA.

Esta norma define la nomenclatura para variables de radiación solar, parámetros meteorológicos, y parámetros de orientación y localización superficial.

NTC 2775, ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES.

Esta norma sólo contiene definiciones referentes a sistemas fotovoltaicos, acordes con la simbología establecida en la norma NTC 1736.

NTC 5513, DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS PARTE 1: MEDIDA DE LA CARACTERÍSTICA INTENSIDAD TENSIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Esta norma describe los procedimientos de medida de la característica corriente-voltaje (I-V) para celdas solares de silicio cristalino, empleando luz natural o simulada.

NTC 5678, CAMPOS FOTOVOLTAICOS DE SILICIO CRISTALINO MEDIDA EN EL SITIO DE CARACTERÍSTICAS I-V.

Esta norma describe los procedimientos de medida en sitio de las características de campos fotovoltaicos de silicio cristalino y la extrapolación de estos datos a condiciones estándar de medida o a otros valores de irradiación y temperatura.

NTC 5512, ENSAYO DE CORROSIÓN POR NIEBLA SALINA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Esta norma describe el procedimiento para realizar un ensayo que permite determinar la resistencia de los módulos fotovoltaicos a la niebla salina, lo que puede resultar útil a la hora de evaluar la compatibilidad de los materiales usados en los módulos, así como la calidad y uniformidad de los recubrimientos protectores.

NTC 5509, ENSAYO ULTRAVIOLETA PARA MODULOS FOTOVOLTAICOS (FV).

Esta norma define un ensayo que permite determinar la resistencia de un módulo fotovoltaico cuando es expuesto a radiación ultravioleta (UV). Particularmente, el

ensayo permite determinar la resistencia de materiales como polímeros y capas protectoras.

NTC 5549, SISTEMAS FOTOVOLTAICOS TERRESTRES. GENERADORES DE POTENCIA. GENERALIDADES Y GUÍA.

Esta norma brinda una visión general de los sistemas fotovoltaicos (fv) terrestres generadores de potencia y de los elementos funcionales que los constituye.

NTC 5287, CELDAS Y BATERÍAS SECUNDARIAS PARA SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. REQUISITOS GENERALES Y MÉTODOS DE ENSAYO.

Esta norma suministra la información necesaria referente a los requisitos de las baterías que se utilizan en los sistemas solares fotovoltaicos y de los métodos de ensayo típicos utilizados para verificar la eficiencia de las baterías. No se incluye información acerca del tamaño de las baterías, el método de carga o al diseño en sí de los sistemas solares fotovoltaicos.

NTC 5627, COMPONENTES DE ACUMULACIÓN, CONVERSIÓN Y GESTIÓN DE ENERGÍA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. CALIFICACIÓN DEL DISEÑO Y ENSAYOS AMBIENTALES.

La actual norma establece algunos requisitos para la clasificación del diseño, de los componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Se centra principalmente en componentes solares específicos tales como baterías, inversores (onduladores), controladores de carga, conjuntos de diodos, radiadores, limitadores de tensión, cajas de conexiones y dispositivos de rastreo del punto de máxima potencia, pero puede aplicarse a otros componentes complementarios del sistema.

Por otro lado se presenta la calificación de los sistemas fotovoltaicos, basado en lo especificado por la norma **NTC 2883** y **NTC 5464**.

NTC 4405, EFICIENCIA ENERGÉTICA. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS Y SUS COMPONENTES.

La presente norma hace referencia a la metodología para la evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos, distribuyéndose en tres etapas: etapa de paneles o módulos, etapa de regulación y etapa de acumulación.

NTC 5710, PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBRETENSIONES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PRODUCTORES DE ENERGÍA.

Esta norma establece algunos métodos para proteger los sistemas fotovoltaicos productores de energía de sobretensiones, independiente de si son autónomos o si están conectados a la red de distribución del sistema de potencia.

GTC 114, GUIA DE ESPECIFICACIONES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA RURAL DISPERSA EN COLOMBIA.

Esta norma establece algunas pautas sobre las especificaciones y características técnicas que se deberían tener en cuenta en el proceso de selección, instalación, operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos (SFV) que se emplean para suministrar energía a las zonas rurales presentes en Colombia.

4.2.2.2. Sistemas Eólicos.

“No existen en Colombia criterios específicos para reglamentar la operación de parques eólicos.” (ISAAC, 2009, págs. 20-21).

- **Código de Redes:** Código de planeación, medida, conexión y operación.

Tensión: en niveles de 230-115-34,5kV no debe incursionar más allá del intervalo [0.9 - 1.1] pu. Post falla no debe permanecer por debajo de 0.8pu por más de 700ms.

Límite de transferencia: debe ser el mínimo entre: Límite térmico de la LT, capacidad de los CT's, límite de transmisión para regulación de tensión y el límite de estabilidad transitoria o dinámica.

Cargabilidad: de los transformadores debe medirse con base en su corriente nominal y para estudios de mediano-largo plazo no se permite.

Frecuencia: Variaciones lentas si incursiona el intervalo (59.8 - 60.2Hz) por 60s. Durante transitorios, no puede ser inferior a 57.5Hz.

Esfuerzos actuales:

- Comité **185** de **ICONTEC**.
- Dos anteproyectos de **NTC**: Requisitos de seguridad de los sistemas de generación eólicos y Ensayo curva de potencia de Aerogeneradores.
- **Guías Técnicas Colombianas** para el uso de molinos en bombeo de agua y generación de electricidad.

Otros referentes normativos útiles en la operación de parques eólicos:

- **IEC 61400-25-1, 2, 3, 4, 5:** 2006. Comunicaciones para monitoreo y control de centrales eólicas.
- **IEC 61400-21:**2008. Medición Calidad de la Potencia de WT conectadas a la red.
- **IEC 61400-12-1:**2005. Desempeño de las WT en producción de potencia eléctrica.

4.2.2.3. Beneficios Tributarios.

Según las investigaciones realizadas.

Son muy pocos los beneficios que hasta ahora se han otorgado en el país para la implementación de sistemas basados en energía solar, se han propuesto algunos incentivos para la promoción de estas tecnologías e ir afianzando la energía solar en el territorio colombiano, como un método de divulgación y aceptación técnica y comercial. A continuación se presentan algunos beneficios que se han otorgado para la implementación de energías renovables o limpias en Colombia. (CIDET, 2012, pág. 13)

Artículo 158-2, Deducción por inversiones en control y mejoramiento del medio ambiente.

Las personas jurídicas que realicen directamente inversiones en control y mejoramiento del medio ambiente, tendrán derecho a deducir anualmente de su renta el valor de dichas inversiones que hayan realizado en el respectivo año gravable, previa acreditación que efectúe la autoridad ambiental respectiva, en la cual deberán tenerse en cuenta los beneficios ambientales directos asociados a dichas inversiones. El valor a deducir por este concepto en ningún caso podrá ser superior al veinte por ciento (20%) de la renta líquida del contribuyente, determinada antes de restar el valor de la inversión.

Artículo 428, Importaciones que no causan impuesto.

i) La importación de maquinaria y equipos destinados al desarrollo de proyectos o actividades que sean exportadores de certificados de reducción de emisiones de carbono y que contribuyan a reducir la emisión de los gases efecto invernadero y por lo tanto al desarrollo sostenible.

Por otra parte, el proyecto de acuerdo **No. 162 de 2008** hace referencia a lo siguiente:

Para los usuarios directos (que tengan celdas solares en su poder), el beneficio está en que una vez adquiridas las celdas, no se volverá a pagar

más dinero (a excepción del mantenimiento) por kWh, contrario a lo que pasa con la energía eléctrica normal, la cual tiene un costo mensual de acuerdo al número de kWh consumidos. (Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2008)

Finalmente, la **ley 697 de 2001** “mediante el cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones” contempla lo siguiente:

Artículo 9: Promoción del uso de fuentes no convencionales de energía. El ministerio de minas y energía formulará los lineamientos de las políticas, estrategias e instrumentos para el fomento y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, con prelación en las zonas no interconectadas.

Artículo 10, el gobierno nacional a través de los programas que se diseñen, incentivará y promoverá a las empresas que importen o produzcan piezas, calentadores, paneles solares, generadores de biogás, motores eólicos, y/o cualquier otra tecnología o producto que use como fuente total o parcial las energías no convencionales, ya sea con destino a la venta directa al público o a la producción de otros implementos, orientados en forma específica a proyectos en el campo URE, de acuerdo a las normas legales vigentes.

Según el **PROYECTO DE ACUERDO No. 162 DE 2008** en su **TÍTULO III** sobre **SUSTENTO JURÍDICO** dice que:

La Constitución Política de Colombia en su **título II** consagra para toda la población y la generaciones futuras el derecho a un medio ambiente sano y la responsabilidad del Estado a garantizarlo; además, a lo largo de toda la carta magna existen diversos artículos que definen la obligación que tiene el Estado y los ciudadanos, de preservar los recursos naturales y el medio ambiente, de ahí que algunos tratadistas la hayan denominado "La Constitución Verde".

Esta serie de artículos abarca temas como la propiedad, la explotación, el fomento, la planificación, la protección y orientación del país hacia el desarrollo económico sostenible. En igual sentido la **ley 99** de 1993, determina en su **artículo 5** las funciones del Ministerio del Medio Ambiente, entre las cuales establece en el **numeral 33** "*Promover, en coordinación con las entidades competentes y afines, la realización de programas de sustitución de los recursos naturales no renovables, para el desarrollo de tecnologías de generación de energía no contaminantes ni degradantes*" (Bogota, Proyecto de Acuerdo 162 de 2008 Concejo de Bogotá D.C., 2008)

El **Protocolo de Kyoto** adoptado en 1997 que busca desarrollar el objetivo de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático, establece para los países incluidos en el Anexo I de la Convención, obligaciones cuantificadas de

reducción de emisiones de GEI. En su conjunto promediado estos países deberán reducir en un 5.2% sus emisiones colectivas de seis GEI, para el periodo comprendido entre los años 2008 y 2012.

Igualmente la **ley 697** de 2001, en su artículo cuarto (4) establece como entidad responsable de organizar, asegurar el desarrollo y el seguimiento de los programas de uso racional y eficiente de la energía al Ministerio de Minas y Energía con el objetivo de:

1) Promover y asesorar los proyectos URE, presentados por personas naturales o jurídicas de derecho público o privado, de acuerdo con los lineamientos del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales (PROURE), estudiando la viabilidad económica, financiera, tecnológica y ambiental. 2) Promover el uso de energías no convencionales dentro del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de Energía no Convencionales (PROURE), estudiando la viabilidad tecnológica, ambiental y económica. (Bogota, Proyecto de Acuerdo 162 de 2008 Concejo de Bogotá D.C., 2008)

La ley anteriormente mencionada fue reglamentada por el **Decreto 3683** de diciembre 19 de 2003. Igualmente este Decreto define como Fuentes no convencionales de energía.

Aquellas fuentes disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran fuentes no convencionales de energía, entre otras, la energía solar, energía eólica, energía geotérmica, energía proveniente de fuentes de biomasa, pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, energía proveniente de los océanos. (Bogota, Proyecto de Acuerdo 162 de 2008 Concejo de Bogotá D.C., 2008)

Igualmente, en julio de 2002 en consejo nacional ambiental aprobó los lineamientos de política de cambio climático. Posteriormente, el documento **CONPES 3242** de agosto de 2003 define la estrategia institucional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático. El CONPES define tareas a ser ejecutadas por los diferentes ministerios a fin de facilitar la implementación del **MDL** sectorialmente. Uno de los sectores prioritarios es el minero-energético, a través de la ejecución de proyectos con fuentes renovables, de eficiencia energética y de reducción de pérdidas. (Bogota, Proyecto de Acuerdo 162 de 2008 Concejo de Bogotá D.C., 2008)

LEY 697 de 2001, reglamentada por el **Decreto Nacional 3683** de 2003. “*Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones*” (Bogota, 2001)

Ley 1715 de 2014, “por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional” (Arias, 2014)

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Según el diccionario de la real academia española **RAE**, define los siguientes términos:

Aire: Fluido que forma la atmósfera de la Tierra. Es una mezcla gaseosa, que, descontado el vapor de agua que contiene en diversas proporciones, se compone aproximadamente de 21 partes de oxígeno, 78 de nitrógeno y una de argón y otros gases semejantes a este, al que se añaden algunas centésimas de dióxido de carbono. Es una mezcla de varios elementos químicos normalmente invisible, incoloro, inodoro y sin sabor. (española, 2015)

Electricidad: Propiedad fundamental de la materia que se manifiesta por la atracción o repulsión entre sus partes, originada por la existencia de electrones, con carga negativa, o protones, con carga positiva. Forma de energía basada en esta propiedad, que puede manifestarse en reposo, como **electricidad** estática, o en movimiento, como corriente eléctrica, y que da lugar a luz, calor, campos magnéticos, etc. (española, 2015)

Sol: “Astro luminoso, centro de nuestro sistema planetario” (española, 2015).

Luz: “Agente físico que hace visible los objetos, claridad que irradian los cuerpos en combustión, ignición o incandescencia” (española, 2015).

Brisa: “Viento de la parte del nordeste, contrapuesto al vendaval” (española, 2015).

Viento: “Corriente de aire producida en la atmosfera por causas naturales, aire atmosférico” (española, 2015).

Luminotecnia: “Arte de la iluminación con luz artificial para fines industriales o artísticos” (española, 2015).

Energía: Todo el mundo sabe más o menos lo que es, pero nadie puede describirla de forma completa. La energía es algo que interviene en el universo cada vez que se produce un cambio. ¿No parece un tanto vago? Veamos algunos ejemplos: los rayos del sol aportan energía (electromagnética) que, cuando es absorbida por los océanos produce un efecto de calentamiento en los mismos (energía térmica), evapora parte del agua haciéndola llegar hasta las montañas (energía mecánica potencial) hasta que finalmente el agua nos

baja de nuevo, proporcionando energía (hidráulica) para las turbinas lo cual produce electricidad, etc. Bajo una apariencia u otra, la energía está en constante transformación, hasta tal punto que uno podría llegar a pensar que este proceso puede continuar infinitamente (principio de conservación de la energía). (Solé, 2007, pág. 24)

Conexión en serie: En un circuito en serie los receptores están instalados uno a continuación de otro en la línea eléctrica, de tal forma que la corriente que atraviesa el primero de ellos será la misma que la que atraviesa el último. Para instalar un nuevo elemento en serie en un circuito se debe cortar el cable y cada uno de los terminales generados conectarlos al receptor. (española, 2015)

Conexión en paralelo: “conexión de dos o más dispositivos o equipos, generadores eléctricos o consumidores de potencia, donde el voltaje generado o requerido no varía, pero las corrientes se adicionan” (española, 2015).

Reguladores: Equipo encargado de regular o controlar los niveles de corriente y voltaje que generan los paneles solares, y de controlar y mantener el nivel nominal del banco acumulador o de las baterías. Entre sus funciones se encuentra evitar la sobrecarga y la descarga excesiva de las baterías para prolongar la vida útil de las mismas y evitar una falla prematura. Dependiendo de la aplicación, se encuentran en el mercado diferentes tipos de reguladores; por mencionar, reguladores PWM (Pulse width modulation), reguladores MPPT (Maximum Power Point Tracking), entre otros. (española, 2015)

Inversores: Equipo cuya función es la de convertir la energía eléctrica DC proveniente de los paneles solares, en energía eléctrica alterna AC, apta para el consumo de los equipos convencionales (televisor, computador, bombillos, etc.). Los inversores pueden ser seleccionados por su capacidad en potencia (W), voltaje de entrada (12, 24 o 48VDC) y por el tipo de trabajo que se desea realizar (inversores de onda modificada, inversores de onda pura, inversores industriales para trabajos pesados o inversores para trabajos livianos, inversores-cargadores e inversores para conexión a red. (española, 2015)

En el portal de internet de la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, considera la energía renovable como: “energía renovable es la que se aprovecha directamente de recursos considerados inagotables como el sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor interior de la tierra” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

También define los siguientes conceptos:

Aerogenerador: “En general, son máquinas rotativas de diferentes tipos, tamaños y conceptos, en los que el dispositivo de captación (rotor) está unido al eje” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Anemómetro: “Instrumento para medir la velocidad del viento” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Batería: “Pila reversible que almacena energía durante la carga y la restituye parcialmente durante su descarga” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Calor: “Una de las formas como se manifiesta la energía” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Campo fotovoltaico: “Se indica con este término al módulo o conjunto de módulos fotovoltaicos de la instalación de generación de electricidad con energía solar fotovoltaica” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Carga: “Cantidad de energía eléctrica necesaria para poner en funcionamiento cualquier dispositivo o aparato eléctrico. A veces se asume que la carga es el aparato mismo que recibe la energía” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Celda fotovoltaica: “Dispositivo compuesto de varios elementos semiconductores que convierte directamente la irradiación solar en energía eléctrica, se le denomina también (celda solar)” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Colectores: “Elementos que captan la radiación solar, disminuyen las pérdidas de calor y aumentan la energía absorbida y, en algunos casos, cuentan con seguidores del sol para mejorar este propósito” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Conducción: “Conjunto de conductos para el paso de fluidos” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Controlador de carga: “Dispositivo que controla el régimen de carga de las baterías” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Energía cinética: Cuando un cuerpo está en movimiento posea energía cinética ya que al chocar con otro puede moverlo y, por lo tanto, producir un trabajo. Para que un cuerpo adquiera energía cinética o de movimiento es decir, para ponerlo en movimiento, es necesario aplicarle una fuerza. (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014)

Energía eléctrica: “Es el resultado de la conversión de la energía mecánica a través de un generador acoplado a una turbina” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Energía potencial: todo cuerpo ubicado a cierta altura del suelo posee energía potencial. Todos los cuerpos tienen energía potencial que será tanto mayor como mayor sea la altura. Como la existencia de esta energía potencial se debe a la gravitación (fuerza de gravedad), su nombre más completo es energía potencia gravitatoria. (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014)

Energía térmica: “Energía interna de los cuerpos que se manifiesta externamente en forma de calor” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Energía: “Propiedad de la materia la cual se manifiesta desde cualquiera de sus estados o formas. La más básica de sus definiciones indica que se trata de la capacidad que posee los cuerpos para realizar un trabajo” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Fuentes energéticas convencionales: son aquellas energías que estamos acostumbrados a usar, en las cuales se emplea tecnologías en uso común, desde la extracción de recursos energéticos natural hasta transformarlo en un producto útil para el consumo final. A esta energía convencional pertenece: petróleo, carbón, mineral, gas natural y electricidad. (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014)

Fuentes energéticas no renovables: “Las fuentes de producción de energía no renovables es decir que agotan sus reservas a medida que son consumidas, incluyen el carbón, el petróleo y el gas natural conocidos también como combustibles fósiles” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Fuentes energéticas no convencionales: “Son aquellas fuentes que no usamos comúnmente, su uso no contamina el medio ambiente y utiliza recursos naturales renovables e inagotables como el viento y el sol” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Generador: “Elemento encargado de convertir la energía mecánica en energía eléctrica” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Modulo fotovoltaico: “Es el dispositivo formado por un grupo de celdas fotovoltaicas interconectadas, enmarcadas y encapsuladas apropiadamente. También se le define como la unidad reemplazable más pequeña de un campo

fotovoltaico” (UPME, energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales., 2014).

Parque eólico: “Estos son lugares en donde se instalan varios aerogeneradores y se interconectan de manera apropiada para alimentar la red de energía eléctrica” (UPME, energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales., 2014).

Potencia: “Es la velocidad a la que se realiza un trabajo” (UPME, energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales., 2014).

Radiación difusa: “Radiación que llega a la superficie terrestre procedente del sol luego de sufrir dispersión por efecto de nubes, polvo, niebla u otras sustancias de la atmosfera” (UPME, energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales., 2014).

Radiación directa: “Radiación que llega a la superficie terrestre procedente del sol sin sufrir desviación, sin dispersarse ni reflejarse a la atmosfera” (UPME, energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales., 2014).

Radiación solar: “Suma de todas las energías provenientes del sol: luz, calor, ultravioleta; electromagnética, etc.” (UPME, energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales., 2014).

Receptor solar: “Elemento que absorbe los rayos solares a través de sus paredes y extrae calor de estos” (UPME, energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales., 2014).

Recurso solar: “Cantidad de insolación que recibe un lugar o región, se expresa en kWh/m² por día. Su expresión es más completa cuando se hace referencia a la cantidad de esa insolación” (UPME, energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales., 2014).

Rotor eólico: “Dispositivo basado en palas aerodinámicas que, accionado por el viento que incide sobre él, convierte su energía en energía rotacional mecánica” (UPME, energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales., 2014).

Sistema eléctrico: “Conjunto de dispositivos que generan un trayecto o ruta de una corriente eléctrica” (UPME, energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales., 2014).

Sistema fotovoltaico (SFV): “Instalación de módulos fotovoltaicos que tienen asociados otros componentes, proyectada para generar potencia eléctrica a partir de la energía de la radiación solar” (UPME, energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales., 2014).

Sistema fotovoltaico autónomo: “Es el que funciona sin estar conectado a una red de energía eléctrica ni con sistemas auxiliares de otra fuente energética. Todos los fluidos están compuestos de moléculas que se encuentran en movimiento constante” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Vida útil: “Es el tiempo transcurrido entre el momento de iniciar el desempeño con la eficiencia nominal hasta el momento en que la eficiencia ha descendido al 80% del valor inicial” (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014).

Lo mencionado anteriormente es de la página oficial de la UPME (unidad de planeación minero energética).

4.4. MARCO TEÓRICO

4.4.1. Energía.

Según un trabajo anónimo de física, enviado desde Chile, en la página web de monografia.com dice que:

La energía tiene diferentes formas o manifestaciones. Por ejemplo el sol suministra energía en forma de calor y de luz. Otras formas de energía son la electricidad, el sonido, el magnetismo. La energía además es capaz de producir cambios en la materia. Por ejemplo, el calor puede producir cambios de estado físico de las sustancias.

Un cuerpo situado a una cierta altura sobre el suelo posee energía. Esta afirmación se pone de manifiesto por el hecho de que un cuerpo, al caer, es capaz de mover o deformar los objetos que encuentre en su camino. El movimiento o deformación que provoque será tanto mayor cuanto mayor sea la altura desde la que caiga. Para una misma altura, la energía dependerá del peso que posea el cuerpo.

La energía de altura que posee un cuerpo puede ser transferida a otro cuerpo y aparecer como energía cinética o de deformación. Sin embargo, mientras el cuerpo no comienza a descender la energía no se manifiesta: es energía en potencia. Por esta razón se le denomina energía potencial.

En resumen, la energía adopta varias formas, que se pueden transferir y transformar. La energía produce cambios en los cuerpos. Sin embargo, en todos estos cambios **LA ENERGÍA NI SE CREA NI SE DESTRUYE, SOLO SE TRANSFORMA A TRAVÉS DE LAS FORMAS**. Este principio se conoce como Ley de la Conservación de la Energía.

4.4.2. Electricidad.

4.4.2.1. Corriente eléctrica.

Es el flujo de electrones a través de un conductor. Su unidad es la intensidad.

4.4.2.2. Ohmio.

El “ohmio patrón” es la resistencia que ofrece un alambre de mercurio (Hg) de 1,063 m de longitud, de 1 mm de diámetro de sección, a 0°C, al paso de un amperio de corriente eléctrica cuando la diferencia de potencial es de 1 voltio.

4.4.2.3. Energía eléctrica.

Es la capacidad de la corriente eléctrica para realizar un trabajo. Puede ser:

- a) Energía consumida por aparatos eléctricos
- b) Energía producida por un generador.

4.4.3. Energías renovables.

En el portal de internet de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética), considera la energía renovable como: “energía renovable es la que se aprovecha directamente de recursos considerados inagotables como el sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor interior de la tierra”. (UPME, energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales., 2014)

¿Por qué se dice que esta energía es inagotable?

La energía que utilizamos convencionalmente proviene de recursos no renovables (combustibles fósiles), de los cuales se dicen que están “almacenados” y cuyas reservas se agotan a medida que son utilizados. El caso contrario ocurre con las energías renovables, las cuales provienen de recursos que están relacionados con los ciclos naturales de nuestro planeta, haciendo posible que dispongamos del recurso de manera permanente.

¿Por qué existe interés en explorar las energías renovables?

La dependencia del petróleo, el carbón y el gas han generado conflictos políticos y ambientales; por esta razón en los últimos años se ha hecho necesario invertir en el desarrollo y aplicación de tecnologías alternativas de producción de energía que funcionen con recursos renovables. Esto a su vez hace necesario una mejor administración de los recursos locales. Además, en el mundo entero el término

renovable se asocia con un medio ambiente más limpio, apropiado para nosotros y las futuras generaciones. Actualmente las energías renovables cubren cerca del 20% del consumo mundial de electricidad.

Las energías renovables se han clasificado en seis grupos principales:

- energía solar
- energía eólica
- energía de la biomasa
- energía hidráulica
- energía de los océanos
- energía de la geometría

¿Dónde se encuentran estos recursos?

Las investigaciones que se han hecho durante años, en todo el mundo, han permitido evaluar y determinar en qué regiones pueden aprovecharse mejor un determinado recurso. Es así como en nuestro país encontramos regiones donde la radiación solar por metro cuadrado es mayor que en otras partes. Usted podrá tener una idea aproximada de cuál es el potencial de cada una de estas energías.

¿Cómo se aprovechan las energías renovables?

Cada una de las energías implica diferentes tipos de tecnologías con las cuales se obtiene en forma de electricidad, fuerza motriz, calor o combustibles. La siguiente tabla nos brinda un panorama general de como las energías renovables pueden ayudarnos a suplir nuestras necesidades energéticas.

Tabla 1.

Grupos de energías renovables

RECURSO	TECNOLOGÍA	ELEMENTOS	APLICACIÓN
solar	Fotovoltaica	celdas solares	electricidad
	Térmica	colectores	calor, electricidad
	Pasiva	muros, ventanas, etc.	calor, luminosidad
eólica	generación eléctrica	aerogeneradores	electricidad
	fuerza motriz	Aero bombeó	fuerza motriz
biomasa	digestión anaerobia	Biodigestión	biogás combustible
	Gasificación	gasificador	gas combustible
	Pirolisis	pirolisador	combustible
	Fermentación	destillaría	bioetanol
	Alcohólica		

	Esterificación	unidad de esterificación	biodiesel
	Combustión	hornos, calderas.	calor, electricidad
hidráulica	Centrales	pequeñas centrales	electricidad
	Hidroeléctricas	hidráulica	electricidad
	pequeños aprovechamientos	Rueda	fuerza motriz
océanos	Mareas	barreras, turbinas.	electricidad
	Olas	flotadores, columnas, aparatos focalizadores	electricidad
	diferencias de temperaturas	turbinas condensadores	electricidad
	corrientes marinas		electricidad
geométrica	generación eléctrica	plantas de energía	electricidad
	usos directos	aguas termales	calor, recreación, salud

Nota. Fuente: UPME, U. d. (2014). *energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

4.4.4. Energía solar.

La energía solar es la fuente primaria de luz y calor en la tierra por esta razón se puede considerar como una fuente renovable.

Desde el sol viajan las ondas electromagnéticas (radiación solar de esta se define como la energía producida por reacciones nucleares al interior del sol, que son transmitidas en ondas electromagnéticas a través del espacio) que al llegar a la tierra producen energía.

El sol irradia energía a una tasa de $3,9 \times 10^{26}$ vatios, y perpendicularmente, sobre la parte superior de la de la atmosfera, nuestro planeta recibe una radiación solar promedio de 1,367 vatios por cada metro cuadrado. Las variaciones en la cantidad de radiación solar recibida dependen de los cambios en la distancia al sol y condiciones climatológicas.

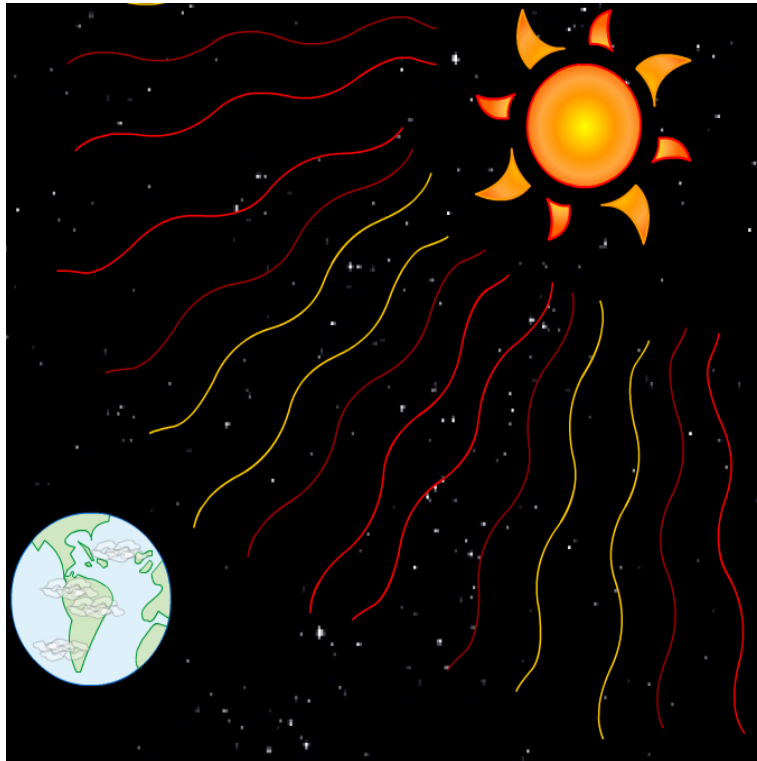


Figura 1. Representación Energía Solar

Fuente: UPME, U. d. (2014). *energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

La cantidad de radiación disponible para convertir en energía útil depende de varios factores: posición del sol en el cielo, condiciones atmosféricas, altura sobre el nivel del mar y la duración del día. La máxima cantidad disponible sobre la superficie de la tierra en un día claro, fluctúa alrededor de 1000 vatios pico por metro cuadrado.

Tabla 2.

Relación de tipo de cielo y radiación solar en W/M^2

TIPOS DE CIELO	RADIACIÓN SOLAR EN W/M^2
Constantemente nublado	Menos de 300
Nubosidad media	Entre 300 y 400
Nubosidad mínima	Entre 400 y 500
Cielo despejado	500 en adelante

Nota. Fuente: UPME, U. d. (2014). *energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

Durante el año 1992 el antiguo IMAT y el INEA realizaron el primer atlas de radiación solar de Colombia estableciendo niveles de radiación promedio anual diario en kilovatios hora por metro cuadrado (kWh/m²).

-zona del Magdalena, la Guajira, San Andrés y Providencia entre 5 y 6 kWh/m².

-zona de los departamentos de Casanare, Arauca, Guainía, Guaviare, Amazonas, Putumayo y Vaupés: entre 4 y 5 kWh/m².

-zona costera del Pacífico: las menores radiaciones inferiores a 3 kWh/m².

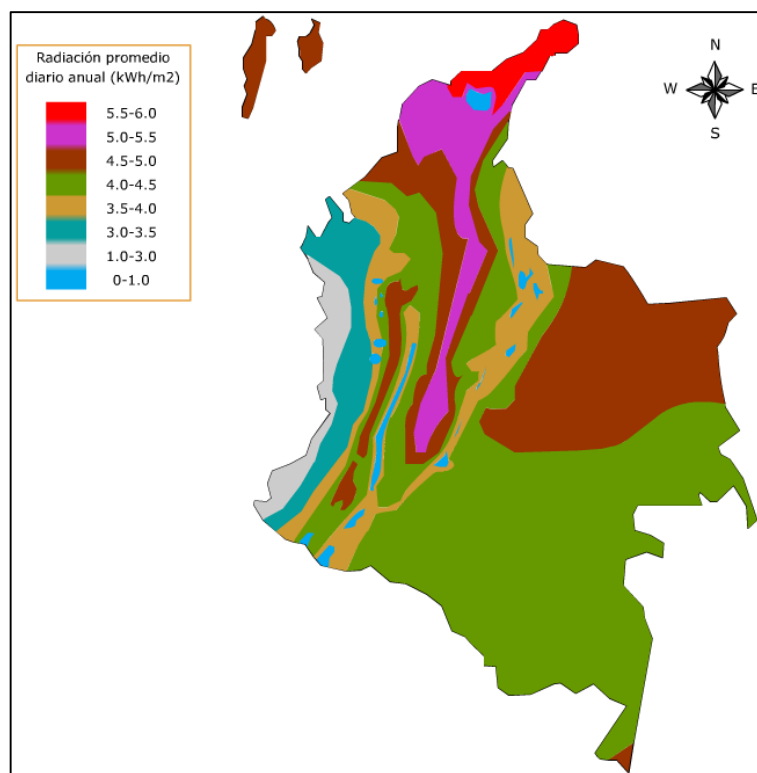


Figura 2. Atlas de radiación solar en Colombia por kWh/m²

Fuente: UPME, U. d. (2014). *Energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de *Energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales*.

<http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

4.4.4.1. Transformación de energía.

Para transformar la energía solar se utiliza principalmente 3 tipos diferentes de tecnologías: energía solar fotovoltaica, energía solar térmica y energía solar pasiva.

4.4.4.2. La energía solar fotovoltaica.

La luz del sol se puede convertir directamente en electricidad mediante celdas solares, conocidas también como celdas fotovoltaicas. La corriente eléctrica que produce puede ser almacenada en baterías para ser utilizada inmediatamente o en el momento en que el usuario lo requiera en usos domésticos, comerciales e industriales.

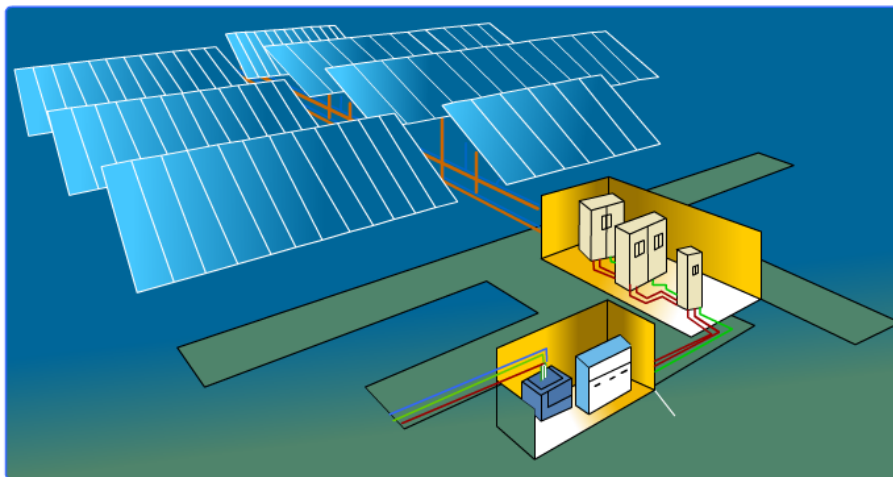


Figura 3. Energía solar fotovoltaica

Fuente: UPME, U. d. (2014). *energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

La tecnología solar fotovoltaica puede ser empleada mediante:

Una **instalación aislada**, sin acceso a la red eléctrica. Esta es muy útil en poblaciones donde es difícil realizar este tipo de conexiones. La electricidad generada se destina al autoconsumo. En este caso será necesario instalar baterías al sistema para poder acumular esta energía generada y así poder consumirla durante la noche;

Una **instalación conectada a la red**, en este caso la corriente eléctrica generada por una instalación fotovoltaica puede ser vertida a la red eléctrica como si fuera una central de producción de energía eléctrica. El productor sigue comprando la energía eléctrica consumida y por separado venderá lo producido. Este tipo de instalaciones disponen de contadores para medir la energía producida y enviada a la red.

4.4.4.3. Energía solar térmica.

El aprovechamiento de la energía solar térmica basa su tecnología en la captación de la radiación por medio de elementos denominados colectores o conectores. Estos sistemas están diseñados para proveer grandes cantidades de energía y de calor; y no se utilizan en aplicaciones que requieran bajas capacidades de carga. Tiene diversas aplicaciones como: calentamiento de agua, potabilización de agua y secador solar.

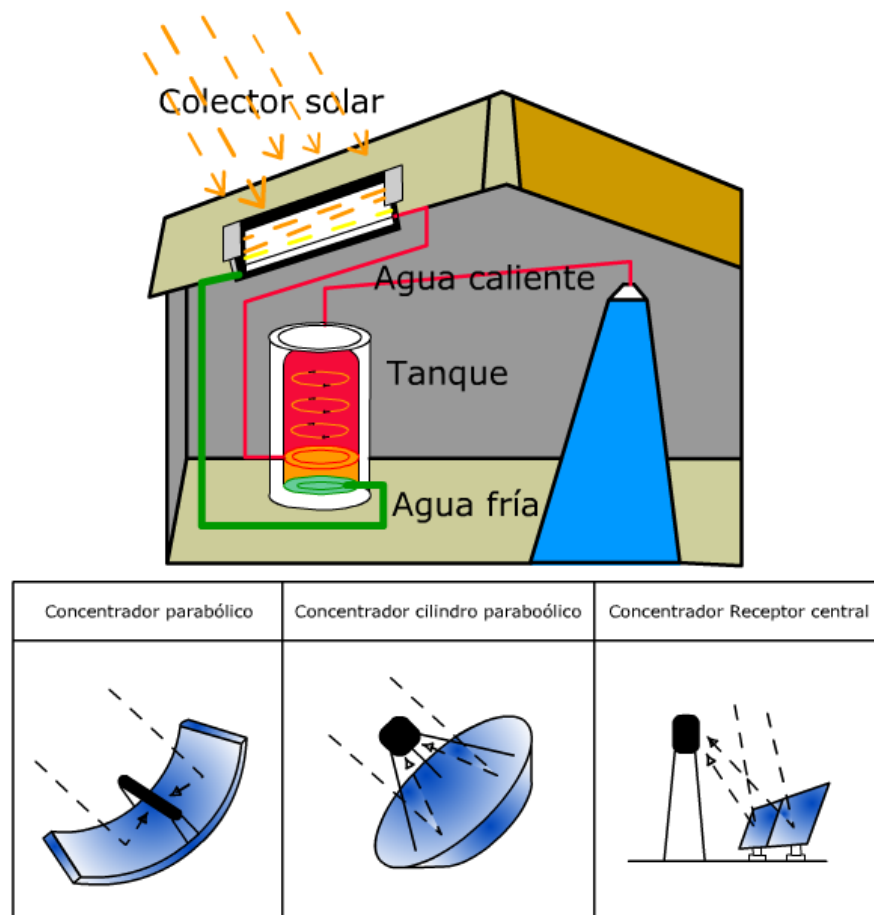


Figura 4. Energía solar térmica

Fuente: UPME, U. d. (2014). *energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

4.4.4.4. Energía solar pasiva.

Comprenden elementos que se aprovechan en la construcción, en el sentido de optimizar la luz natural, adecuando la vivienda para aumentar o disminuir la temperatura sin emplear aire acondicionado u otros sistemas.

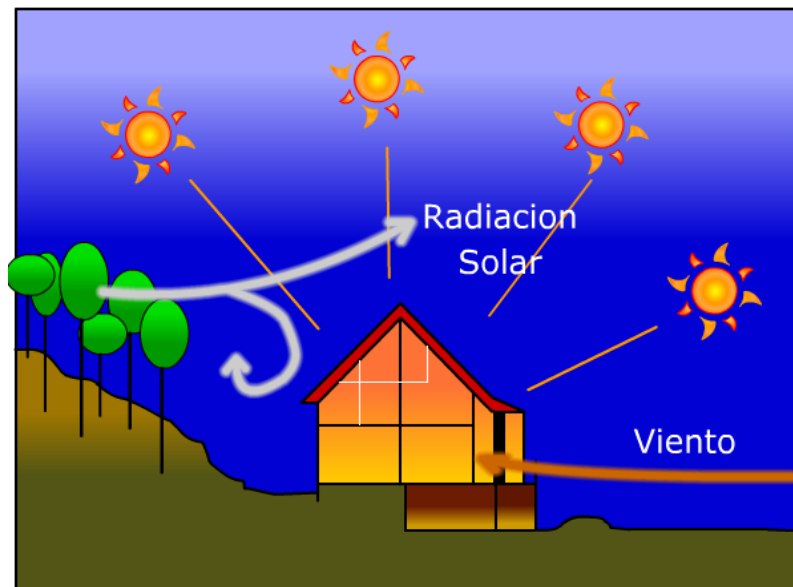


Figura 5. Energía solar pasiva

Fuente: UPME, U. d. (2014). *energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de *energías renovables, descripción, tecnologías y usos finales*..:

<http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

4.4.5. Energía eólica.

La energía eólica, proviene de corrientes de viento

El viento es aire en movimiento, una forma indirecta de la energía solar. Este movimiento de las masas de aire se origina por diferencia de temperaturas causada por la radiación del solar sobre la tierra. Cuando el aire se calienta su densidad se hace menor y sube, mientras que las capas frías descienden. Así se establece una doble corriente de aire, cuya velocidad es mayor mientras mayor sea la diferencia de temperatura.

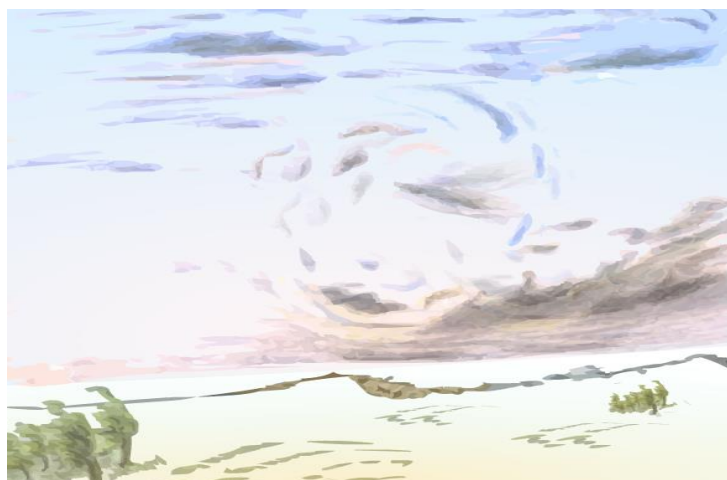


Figura 6. Generación del viento

Fuente: UPME, U. d. (2014). *energias renovables, descripción, tecnologías y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energias renovables, descripción, tecnologías y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

¿Qué es energía eólica?

Es la que está presente en forma de energía cinética en las corrientes de aire o viento. Para el aprovechamiento energético del viento es esencial una estimación del recurso eólico que se basa en la colección de información de manera empírica, anemómetros totalizadores, por factores de correlación, o por adquisición de datos en tiempo real.

Para conocer una aproximación de la velocidad del viento se estableció la escala de Beaufort.

Tabla 3.

Velocidad del viento en metros por segundo M/s

ESCALA	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD DEL VIENTO EN M/S
0. calma	el humo sube perpendicularmente	0 - 0,5
1. aire ligero	el humo sube con ligera inclinación	0,6 - 1,7
2. brisa ligera	las hojas susurran; las ventanas se mueven	1,8 - 3,3
3. brisa suave	las hojas y las ramas en constante vaivén	3,4 - 5,2
4. brisa moderada	levantan polvo y papeles; mueven ramas pequeñas	5,3 - 7,4
5. brisa dura	los arbustos empiezan a moverse	7,5 - 9,8

6. brisa fuerte	ramas grandes se mueven	9,9 - 12,4
7. ventarrón moderado	se dificulta caminar	21,5 - 15,2
8. ventarrón duro	desprende rama de los arboles	15,3 - 18,2
9. ventarrón fuerte	daña chimeneas y techos	18,3 - 21,5
10. vendaval	arranca arboles	21,6 - 25,1
11. tormenta	produce grandes daños	25,2 - 28,9
12 huracán	el más destructor de todos los vientos	29 en adelante

Nota. Fuente: UPME, U. d. (2014). *energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

4.4.5.1. Energía eólica en Colombia.

Una aproximación al valor del recurso eólico en el país permite establecer que la zona norte cuenta con los mejores potenciales para el aprovechamiento de este recurso. Las escales planteadas están normalizadas en una superficie de rigurosidad plana estableciendo la velocidad del viento a 10 metros de altura. Se debe tener en cuenta las características del terreno de la siguiente forma:

Tabla 4.
Rangos de rigurosidad de acuerdo al tipo de terreno

RIGUROSIDAD	
1	Plana (playa, hielo, paisaje de nieve, océanos.)
2	Pasto corto, aeropuertos, tierra de cultivo vacías
3	Áspera (cultivo altos de hierba, arboles bajos.)
4	Muy áspera (bosques y huertos)
5	Cerrada (pueblos, suburbios)
6	Ciudad (centros de ciudades, espacios abiertos en los bosques.)

Nota. Fuente: UPME, U. d. (2014). *energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

Tabla 5.
Rangos de velocidad del viento en metros por segundo M/s

RANGOS DE VELOCIDADES DEL VIENTO EN M/S PARA DIFERENTES RIGUROSIDADES DEL TERRENO						
rangos de rigurosidades de la superficie						
índice	1	2	3	4	5	6
1	0 - 1,5	0 - 1,3	0 - 1,2	0 - 1,1	0 - 0,8	0 - 0,9
2	1,5 - 2,5	1,3 - 2,2	1,2 - 2,1	1,1 - 1,9	0,8 - 1,6	0,9 - 1,5
3	2,5 - 3,5	2,2 - 3,1	2,1 - 2,9	1,9 - 2,6	1,6 - 2,3	1,5 - 2,1
4	3,5 - 4,5	3,1 - 4	2,9 - 3,7	2,6 - 3,3	2,3 - 2,9	2,1 - 2,7
5	4,5 - 5,5	4 - 4,9	3,7 - 4,6	3,3 - 4,1	2,9 - 3,6	2,7 - 3,3
6	5,5 - 6,5	4,9 - 5,7	4,6 - 5,4	4,1 - 4,8	3,6 - 4,2	3,3 - 3,9
7	6,5 - 7,5	5,7 - 6,6	5,4 - 6,2	4,8 - 5,6	4,2 - 4,9	3,9 - 4,5
8	7,5 - 8,5	6,6 - 7,5	6,2 - 7,1	5,6 - 6,3	4,9 - 5,5	4,5 - 5,1
9	8,5 - 9,5	7,5 - 8,7	7,1 - 8,2	6,3 - 7,3	5,5 - 6,4	5,1 - 5,8
10	9,5 - 10,5	8,7 - 9,3	8,2 - 8,7	7,3 - 7,8	6,4 - 6,8	5,8 - 6,2
11	10,5 - 11,5	9,3 - 10,2	8,7 - 9,6	7,8 - 8,5	6,8 - 7,5	6,2 - 6,8
12	11,5 - 12,5	10,2 - 11	9,6 - 10,4	8,5 - 9,3	7,5 - 8,1	6,8 - 7,4
13	12,5 - 13,5	11 - 11,9	10,4 - 11,2	9,3 - 10	8,1 - 8,8	7,4 - 8
14	13,5 - 14,5	11,9 - 12,8	11,2 - 12,1	10 - 10,8	8,8 - 9,4	8 - 8,6

Nota. Fuente: UPME, U. d. (2014). *energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

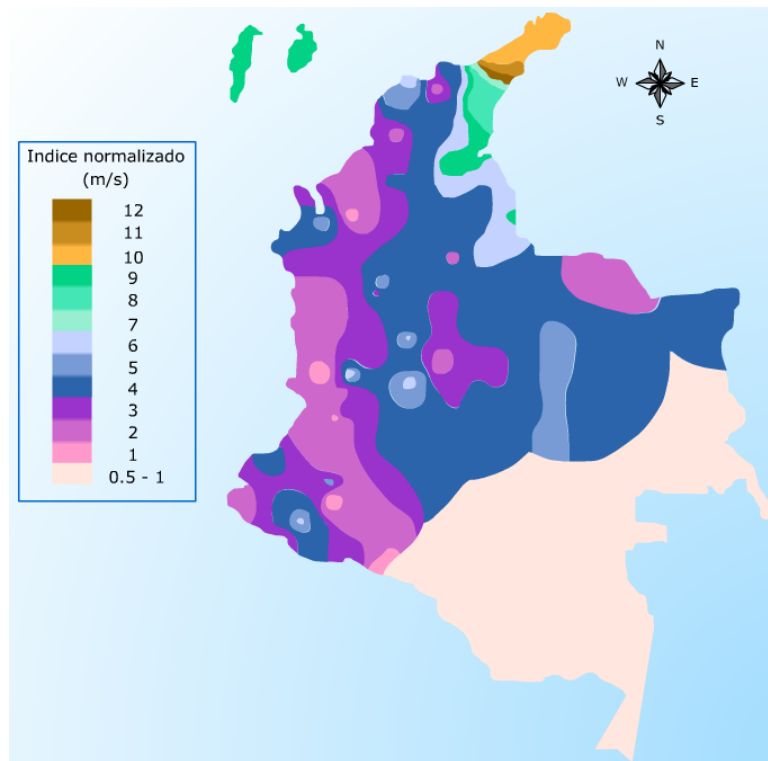


Figura 7. Zonas de corriente de aire en Colombia

Fuente: UPME, U. d. (2014). *energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

¿Cómo aprovechar la energía eólica?

La energía eólica puede transformarse principalmente en energía eléctrica por medio de aerogeneradores, o en fuerza motriz empleando molinos de viento. Estos son los posibles usos de la energía eólica, con base en valores promedios de velocidad del viento anual.

Tabla 6.

Posibilidad de uso de la energía eólica según el promedio anual del viento a 10 Mts de altura

VELOCIDAD DE VIENTO A 10 METROS DE ALTURA	POSIBILIDAD DE USO DE ANERGIA EÓLICA
menor a 3 m/s	Usualmente no es viable, a menos que existan circunstancias especiales para una mejor evolución
3 - 4 m/s	Puede ser una buena opción para equipos de Aero bombeó, poco viable para Aero generación electica.

4 - 5 m/s	Las Aero bombas son competitivas económicamente con respecto a los equipos de diésel, el bombeo Aero eléctrico es viable.
más de 5 m/s	Viable para Aero bombeó y Aero generación eléctrica
más de 6 m/s	Viable para Aero bombeó, Aero generación con sistemas autónomos y para sistemas conectados a la red eléctrica.

Nota. Fuente: UPME, U. d. (2014). *energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

4.4.5.2. Generación eléctrica.

Para aprovechar mecánicamente la energía contenida en el viento se utilizan las turbinas eólicas (aerogeneradores). Las plantas de generación eléctrica con sistemas a gran escala se denominan parques eólicos. En estos lugares se instalan varios aerogeneradores y se conectan de forma apropiada para suministrar energía eléctrica.

4.4.5.3. Fuerza motriz.

Las maquinas eólicas para esta aplicación son, normalmente, de muchos alabes (alta solidez). Sus tamaños no pasan de los 8 metros de diámetro aunque hay excepciones de hasta 12 metros. Estas máquinas por ser de muchos alabes, son relativamente lentas y generalmente son acopladas a bombas que requieran grandes torques. (UPME, Energias Renovables: Descripción, Tecnologías y usos finales, s.f.)

En Colombia los equipos de Aero bombeó han sido ampliamente utilizados en el sector rural; entre los usos más comunes están:

- abastecimiento de agua limpia para uso doméstico
- suministro de agua para ganadería
- irrigación
- drenaje
- Movimiento de agua en granjas piscícolas

Los equipos de Aero bombeó en ocasiones se utilizan para suministro de agua para comunidades rurales. La demanda típica de una población de 500 habitantes puede ser del orden de 20m³ por día, la cual generalmente no cambia en el año. Para una condición de bombeo con unos 20 metros de altura hidráulica, el requerimiento energético será de 400m³ o cerca de 1kWhhd por

día. (UPME, Energías Renovables: Descripción, Tecnologías y usos finales, s.f.)



Figura 8. Generadores eólicos o aerogeneradores

Fuente: UPME, U. d. (2014). *energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>

Es una energía segura y gratuita, pero tiene las desventajas de que la velocidad del viento es variable y poco confiable, los aerogeneradores producen ruido y la vida silvestre puede verse afectada, ya que existe el riesgo que las aves caigan en ellos y mueran. (UPME, Energías Renovables: Descripción, Tecnologías y usos finales, s.f.)

En Colombia la zona norte cuenta con las mejores potencialidades para generar este recurso. Por ejemplo, en la Alta Guajira, Empresas Públicas de Medellín (EPM) puso en funcionamiento el primer parque eólico, Jepirachí, con 15 aerogeneradores que aportan 19.5 megavatios al Sistema Interconectado Nacional. (UPME, Energías Renovables: Descripción, Tecnologías y usos finales, s.f.)

4.5. MARCO GEOGRÁFICO



Figura 9. Ubicación de Colombia en el Mundo

libre, w. 1. (15 de enero de 2014). *colombia*, *wikipedia*. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Colombia#/media/File:COL_orthographic_\(San_Andr%C3%A9s_and_Providencia_special\).sv](http://es.wikipedia.org/wiki/Colombia#/media/File:COL_orthographic_(San_Andr%C3%A9s_and_Providencia_special).sv)

En el mundo, Colombia se encuentra ubicada en lo que se llama el nuevo continente, en la esquina noroccidental de Suramérica, entre el mar Caribe y el océano Pacífico, y limita por el norte con Panamá, por el oriente con Venezuela y Brasil, y por el sur con Perú y Ecuador. Sus puntos cardinales son: Punta Gallinas en la península de La Guajira. 12° 26' 46" de latitud norte, Desembocadura de la quebrada San Antonio en el río Amazonas. 4° 12' 30" de latitud sur, Cabo Manglares en la desembocadura del río Mira (Océano Pacífico). 79° 02' 33" de longitud occidental, Isla San José en el río Negro (frente a la Piedra del Cocuy). 66° 50' 54" de longitud oriental. (libre, 2014)



Figura 10. Mapa del departamento de Cundinamarca

Fuente: Foto tomada el día 12 de diciembre del 2014, de mapa realizado manualmente en papel pergamino.

El **Departamento de Cundinamarca** está situado en la parte central del país, localizado entre los puntos cardinales **03°40'14"** y **05°50'11"** de latitud norte y los **73°03'08"** y **74°53'35"** de longitud oeste. Limita por el Norte con el departamento de Boyacá; por el Este con los departamentos de Boyacá y Meta; por el Sur con los departamentos de Meta, Huila y Tolima, y por el Oeste con el río Magdalena, que lo separa de los departamentos de Tolima y Caldas. (libre, 2014)

El municipio de Girardot se halla situado en el sector medio del valle del alto Magdalena.

Su vida está ligada a; el municipio de Girardot se encuentra ubicado al suroccidente de Cundinamarca en la Región del Alto Magdalena, en un valle intercordillerano estrecho entre la cordillera Oriental y Central, cuya máxima anchura no sobrepasa los 40 kilómetros. En su extremo sur en su parte baja Girardot está a 289 m.s.n.m. pero puede llegar hasta los 600 a 800 m sobre el nivel del mar en las partes más altas que corresponden a las cuchillas de la Culebra y el Espino en la Cordillera Alonso Vera. La ciudad limita al norte con el municipio de Nariño y Tocaima, al sur con el municipio de Flandes y el Río Magdalena, al oeste con el municipio de Nariño, el Río Magdalena y el municipio de Coello y al este con el municipio de Ricaurte y el Río Bogotá. (libre, 2014)

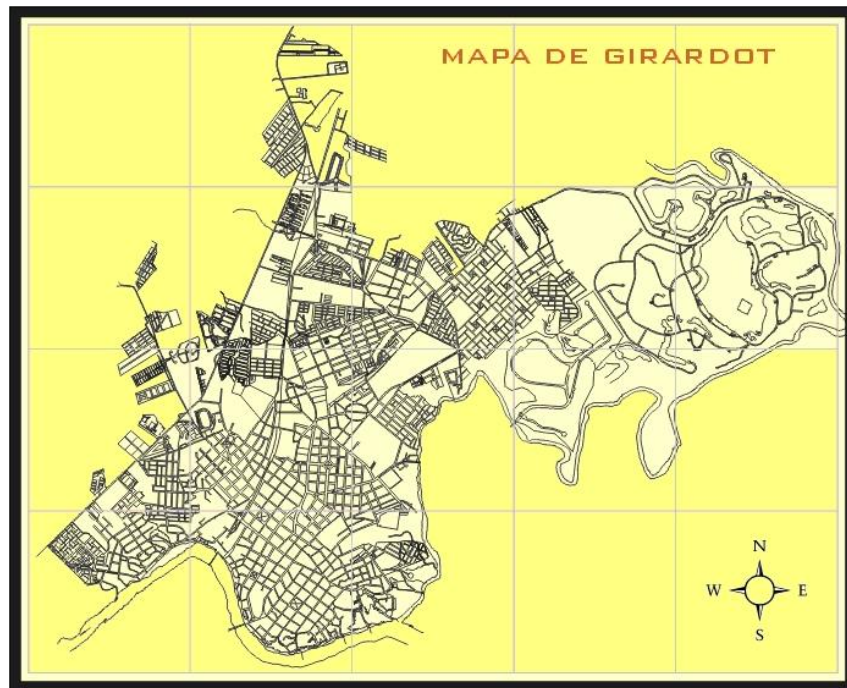


Figura 11. Mapa de Girardot-Ubicación Geográfica

Fuente: Girardot, A. (2012). *ASOCIACIÓN MUNICIPAL DE JUNTAS DE ACCIÓN COMUNAL*. Obtenido de <http://asojuntasgirardot.com/jac/ub/ubi.html>

Girardot se encuentra dividido en muchos barrios, carreras, calles, avenidas y transversales, la ubicación de la luminaria se encuentra cerca de la universidad UNIMINUTO en la portería de arriba junto a la calle 10.

5. METODOLOGÍA

5.1. DIAGRAMAS DE BLOQUES.

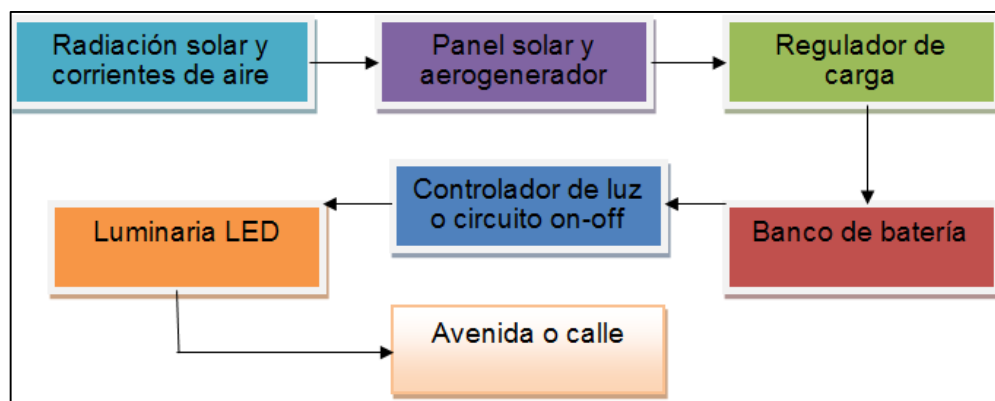


Figura 12. Diagrama de bloques sistema general para alumbrado público

Fuente: Propia, diseño de diagrama de bloques realizado en Microsoft Office Word 2013

Este es un diagrama de bloque de lazo abierto, ya que no posee retroalimentación ni sensores, sin embargo el único sensor de luz que se utiliza funciona como un circuito on-off, ya que este no interfiere en la entrada de energía del sistema de alumbrado.

En el primer bloque hace referencia a la energía de la naturaleza la cual se va aprovechar, en este caso en específico la radiación solar y las corrientes de aire que presenta nuestro entorno, en segundo lugar los receptores de energía, tanto la solar como la eólica que están representadas por el panel solar y el aerogenerador, después el regulador de carga quien me facilitara una alimentación propia y me protegerá el sistema y la batería de sobrecargas, cortocircuitos, caídas de tensión, rayo, etc.

Después se encuentra las baterías quien va almacenar la energía recolectada y suministrar energía al sistema de alumbrado, luego encontramos la fotocelda la cual me va a encender o apagar la luminaria y posteriormente encontramos la luminaria LED quien me va a alumbrar el espacio requerido que puede ser una calle o avenida. Básicamente este es el sistema completo representado en el diagrama de bloques.

Para tener una mejor visión de cómo es el funcionamiento general del sistema, representamos gráficamente como está compuesto el anterior diagrama de bloques.

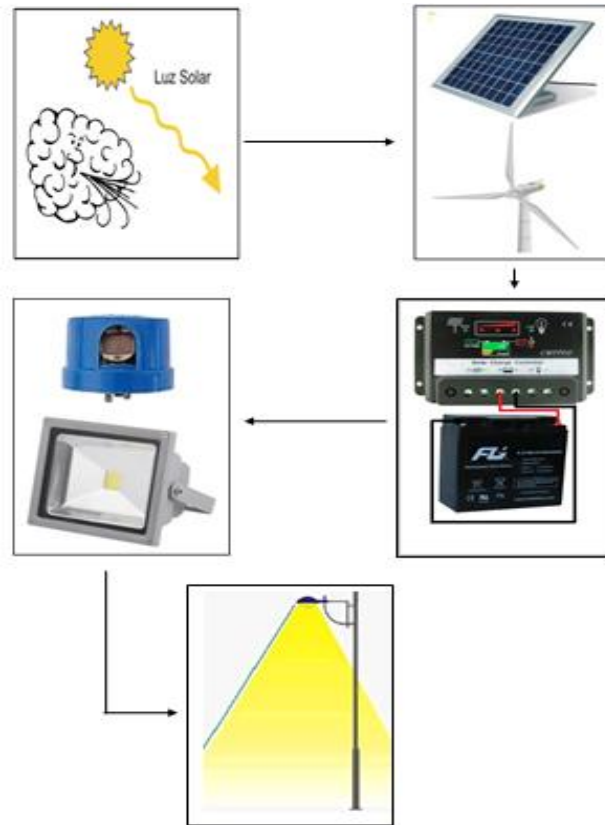


Figura 13. Diagrama sistema general para alumbrado público

Fuente: Propia, diseño de diagrama del sistema general de alumbrado publico realiado en Microsoft Office Word 2013

5.2. MATERIALES

Para la elaboración del sistema de alumbrado, es necesario la compra de algunos materiales que intervienen directamente en la elaboración del proyecto, posteriormente se realizan las pruebas iniciales: a continuación se realizara la lista de materiales con su respectivo valor comercial. La mano de obra está estimada en pesos por horas, donde cada hora tendría un valor aproximado de \$50.000 pesos colombianos. Donde la carga laboral es de dos (2) horas día por diez (días).

Tabla 7.

Lista de materiales y precios por unidad

MATERIALES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Panel solar	\$60.000	1	\$60.000
Generador eólico	\$680.000	1	\$680.000
Regulador de carga	\$70.000	1	\$70.000
Batería seca	\$90.000	1	\$90.000
Baquela Universal	\$2.000	5	\$10.000
Chip LED	\$28.000	2	\$56.000
Luminaria	\$130.000	1	\$130.000
Caja Policarbonato 40X40	\$85.000	1	\$85.000
Circuito DC-DC	\$30.000	1	\$30.000
Integrado 555	\$2.000	1	\$2.000
Resistencias Varias	\$500	5	\$2.500
Potenciometro de 100K	\$3.000	2	\$6.000
Condensadores	\$300	8	\$2.400
Transistor 2n 2222	\$2.000	1	\$2.000
Regulador 7812 y 7805	\$3.000	2	\$6.000
Cable Encauchetado	\$1.500	3	\$4.500
Cable QTP	\$1.500	1	\$1.500
Soldadura	\$3.000	1	\$3.000
Relés de 6V	\$2.000	3	\$6.000
Cable doble color	\$1.500	8	\$12.000
Tornillos	\$3.000	50	\$150.000
Curva Gvz 1/2"	\$7.000	1	\$7.000
Boquilla Gvz de 1/2"	\$800	1	\$800
Capacete de 1/2"	\$3.100	1	\$3.100
Hebilla Bandit ¾	\$900	3	\$2.700
Cinta Bandit 3/4	\$2.600	3	\$7.800
Coraza tipo USA	\$13.650	2	\$27.300
Conector Bimetálico	\$3.050	1	\$3.050
Union Gvz de 1 1/2"	\$5.200	1	\$5.200

Conector Recto	\$9.300	1	\$9.300
Conectores Dobles	\$400	20	\$8.000
Puente Rectificador	\$2.000	1	\$2.000
Tranformador	\$15.000	1	\$15.000
Diodos Rectificadores	\$300	6	\$1.800
Diodo Leds	\$500	1	\$500
Fusibles	\$1.000	5	\$5.000
Total	\$1.235.100		\$1'507.450

Nota. Fuente: Propia, tabla de precios por unidad de los implementos necesarios para la realizacion del sistema general del alumbrado publico, diseñada en Microsoft Office Excel 2013

5.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

5.3.1. Panel solar.

Es el encargado de recolectar toda la radiación solar posible durante el transcurso de día, a su vez transforma la energía recolectada en energía eléctrica que va hacer usada para recargar la batería.

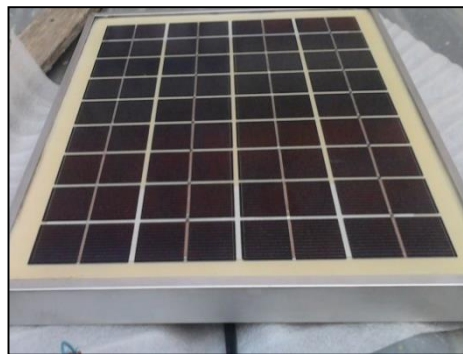


Figura 14. Panel Solar Policristalino

Fuente: Propia, foto tomada el día 14 de diciembre del 2014 a panel solar adquirido para la elaboracion del sistema de alumbrado publico

Voltaje: 18 V hasta 21 V

Corriente: 560 mA

Potencia: 20W

Dimensiones: 133mm X 125 mmx 12mm

5.3.2. Aerogenerador.

Es el encargado de recolectar la energía cinética del aire y transformarla en energía eléctrica para cargar la batería, durante el día trabajará de la mano con el panel solar pero en la noche cuando el panel quede obsoleto, el generador tendrá la función de no dejar descargar la batería por completo.



Figura 15. Aerogenerador Vertical

Fuente: department, A. T. (s.f.). *Amazon Try Prime* . Obtenido de <http://www.amazon.com/ALEKO-24V-Vertical-Turbine>

Generator/dp/B009BDRAZ0/ref=pd_sim_sbs_60_2?ie=UTF8&refRID=0T81DES7DJ3H5913DEZC

Voltaje: 15V hasta 18V

Corriente: 2,5 A

Potencia: 30W

5.3.3. Regulador.

Es el encargado de recibir la energía eléctrica de la celda y el generador, a su vez este regula la energía, controla la carga y descarga de la batería, tiene como función proteger al sistema de cortocircuitos, caídas de tensión, sobrecargas, rayos, etc. Este regulador también controla la energía de la luminaria.



Figura 16. Regulador CNTPO2

Fuente: Libre, M. (s.f.). *Mercado Libre Colombia Regulador Carga Batería Panel Solar 20 Amperios*. Obtenido de <http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-413648041-regulador-carga-bateria-panel-solar-20-amperios-JM?redirectedFromSearch=true>

Voltaje: 12 V hasta 24V

Corriente: 20 A

Dimensiones: 110mm X 80mm X 6mm

5.3.4. Batería.

Es una batería seca, la cual tendrá la función de almacenar toda la energía eléctrica para después ser usada en la luminaria. Ella es la encargada de suministrar energía a todo el sistema de alumbrado.



Figura 17. Batería Seca

Fuente: Propia, Foto tomada el día 14 de diciembre del 2014, a batería de automovil

Voltaje: 12V DC

Corriente: 560 Ah

5.3.5. Fococelda.

La fotocelda es un sensor de luz, también se puede considerar como un circuito on-off de la luminaria, este permitirá el paso de energía a la lámpara cuando la luz en la zona sea escasa, posteriormente se activara durante la noche y se desactivara cuando salga el sol.



Figura 18. Fotocélula pública implementada en sistema de alumbra publico tradicional

Fuente: Propia, Foto tomada el día 14 de diciembre del 2014, a fotocelula tradicional

5.3.6. Chip LED.

Esta hará las veces de luminaria, por lo cual tendrá la función de transformar la energía eléctrica en energía lumínica y así iluminar las zonas escasas de luz.

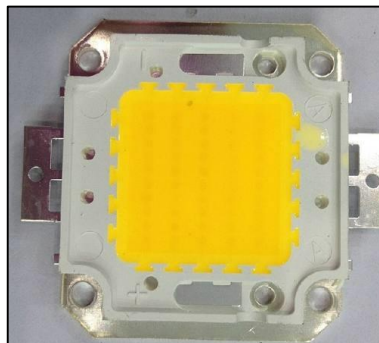


Figura 19. Chip Led de 50W

Fuente: Libre, M. (s.f.). *Mercado Libre Colombia Led Chip 50w 4500 Lumenes 34v 6500k Blanco Para Reflector*. Obtenido de http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-415065227-led-chip-50w-4500-lumenes-34v-6500k-blanco-para-reflector-_JM#redirectedFromParent

Potencia: 50w
Lúmenes: 4500
Voltaje: 32 - 34v
Amperaje: 1500 mA

Entrando ya un poco a la parte de software, encontramos dos programas que nos permitirá desarrollar de una manera más rápida y eficiente las tareas a cumplir para realizar el proyecto; entre ellas están:

5.3.7. Proteus.

Que me permite realizar las simulaciones de los circuitos en un ambiente virtual, esto genera facilidad a la hora de comprobar si los circuitos funcionan antes de montarlos en alguna protoboard o baquela.

5.3.8. Ares.

Este es un programa que viene asociados con los circuitos realizados en proteus, este me permite realizar el diseño electrónico de cualquier circuito.

5.4. SIMULACIONES Y DISEÑOS INICIALES

5.4.1 Fococelda.

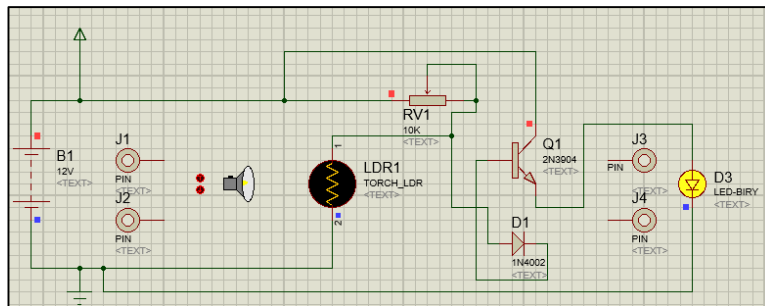


Figura 20. Circuito en proteus de la fotocélula activada

Fuente: Propia, foto de diseño realizado en software proteus de fotocelula activada

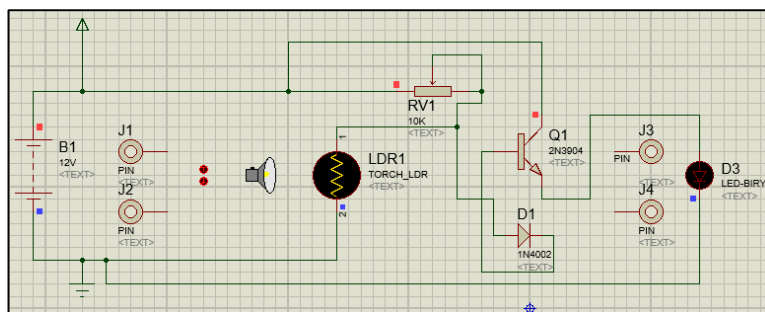


Figura 21. Circuito en proteus de la fotocélula desactivada

Fuente: Propia, foto de diseño realizado en software proteus de fotocelula desactivada

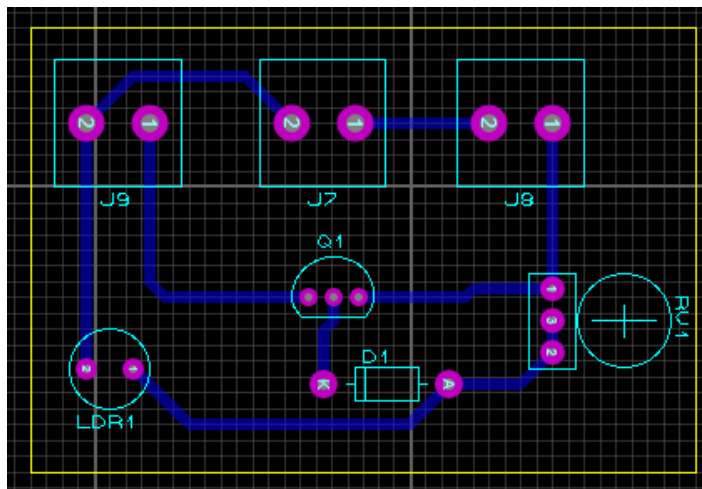


Figura 22. Diseño en ares-proteus de la fotocélula

Fuente: Propia, foto de diseño realizado en software ares-proteus de fotocelula

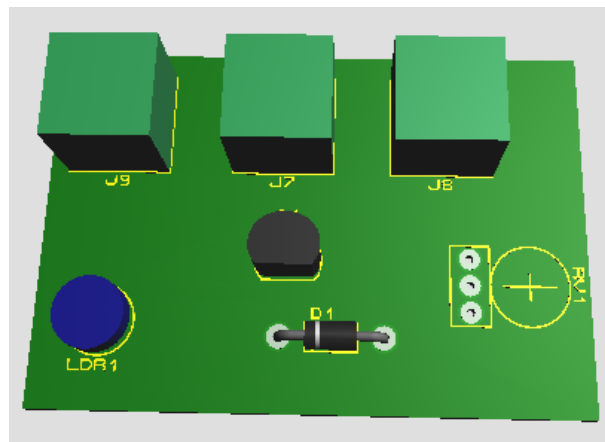
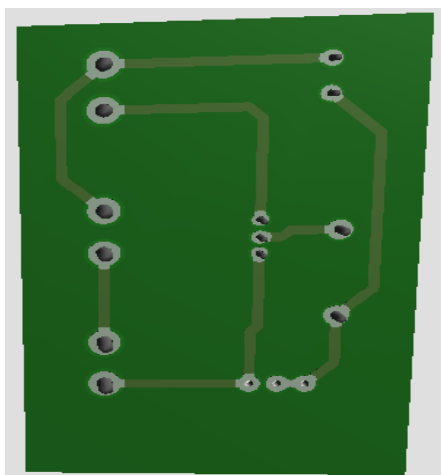


Figura 23. Diseño en 3D del circuito de la fotocélula

Fuente: Propia, foto de diseño visto en 3D del circuito de la fotocelula

5.4.2. Alarma con 555.

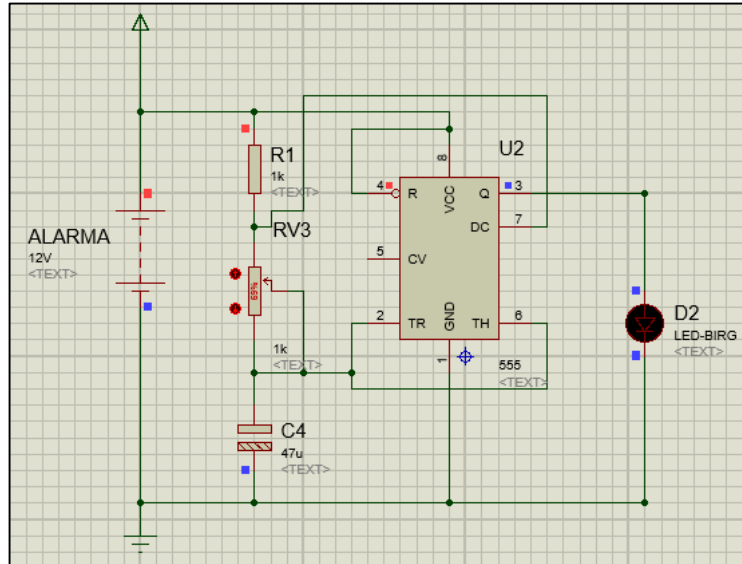


Figura 24. Diseño de simulación en proteus del sistema de alarma desactivada

Fuente: Propia, foto de diseño de simulacion en proteus de sistema de alarma con timer 555 desactivado

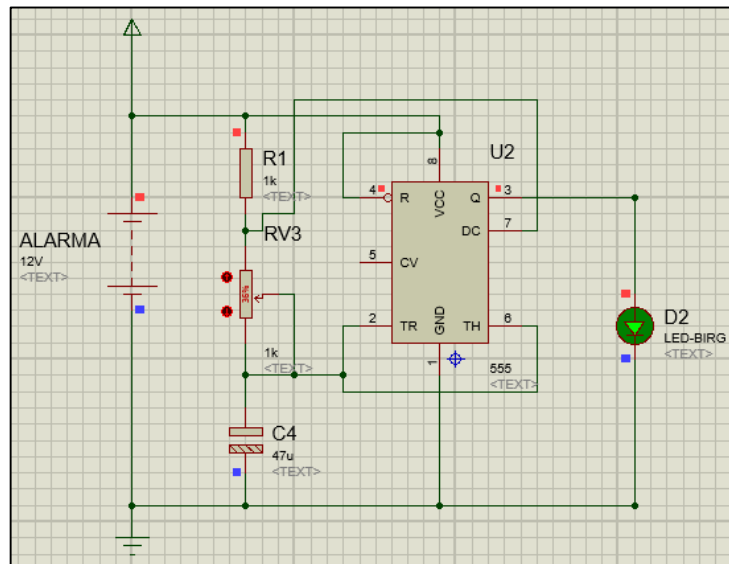


Figura 25. Diseño de simulación en proteus del sistema de alarma activada

Fuente: Propia, foto de diseño de simulacion en proteus de sistema de alarma con timer 555 activado

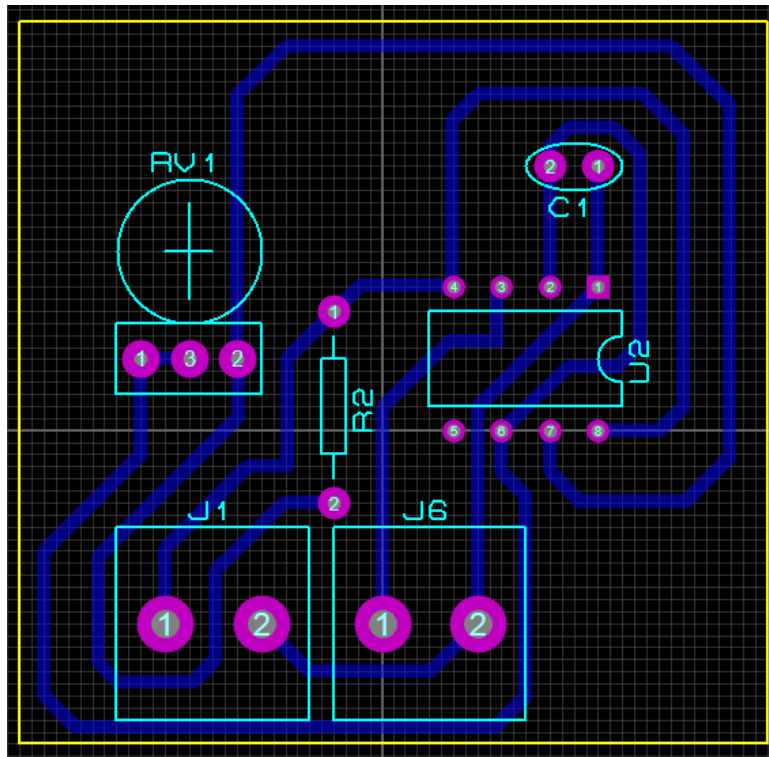


Figura 26. Diseño en ares del circuito de alarma

Fuente: Propia, foto de diseño en ares-proteus del circuito de alarma con timer 555

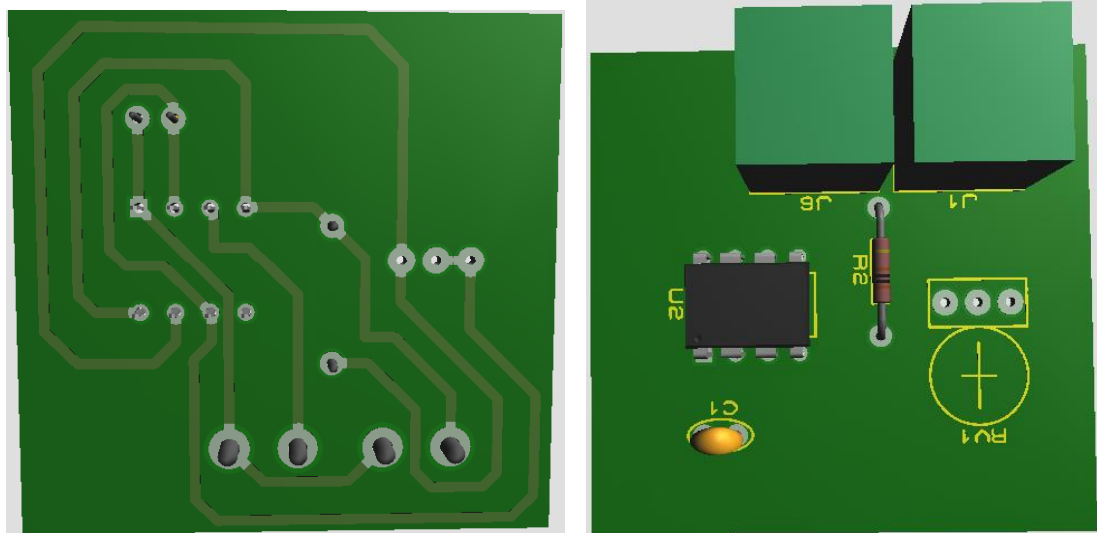


Figura 27. Vista del diseño en 3D del circuito de alarma

Fuente: Propia, foto de vista en 3D del circuito de alarma con timer 555

5.4.3. Regulador y módulo de control.

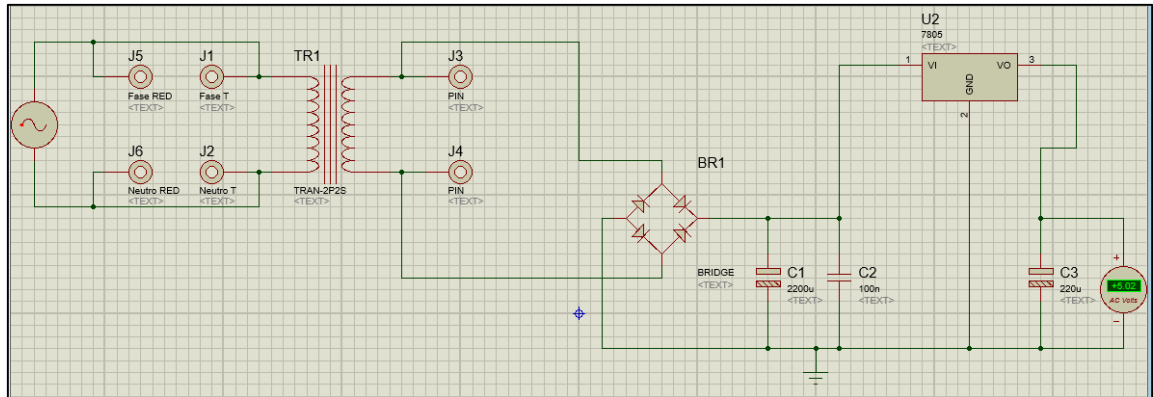


Figura 28. Diseño de circuito en proteus de sistema de regulación

Fuente: Propia, foto de diseño realizado en proteus del sistema de regulacion, con regulador 7812

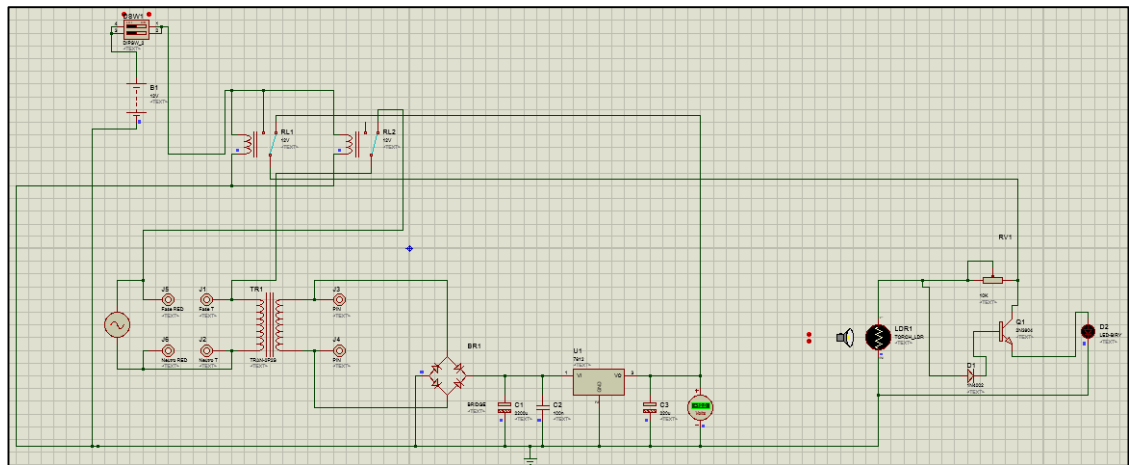


Figura 29. Diseño de circuito en proteus de módulo de control con relés acoplados

Fuente: Propia, foto de diseño realizado en proteus del modulo de control con relés acoplados al sistema general de sistema de abastecimiento de energia y activacion del sistema on-off (fotocelula)

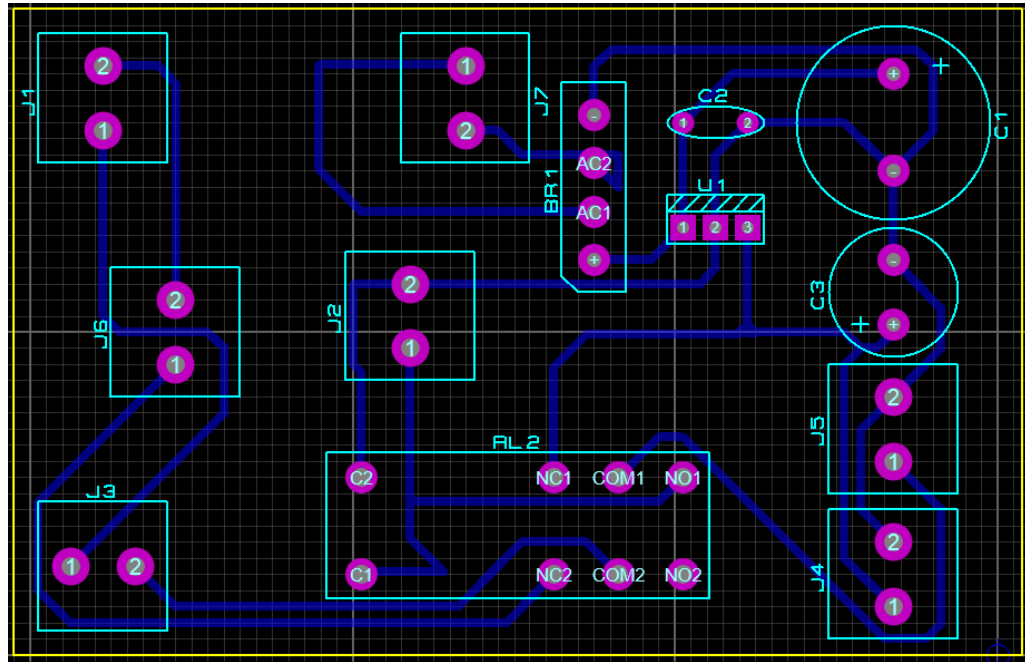


Figura 30. Diseño de circuito en ares de módulo de control con relés acoplados

Fuente: Propia, foto de diseño realizado en ares-proteus del modulo de control con relés acoplados al sistema general de sistema de abastecimiento de energia y activacion del sistema on-off (fotocelula)

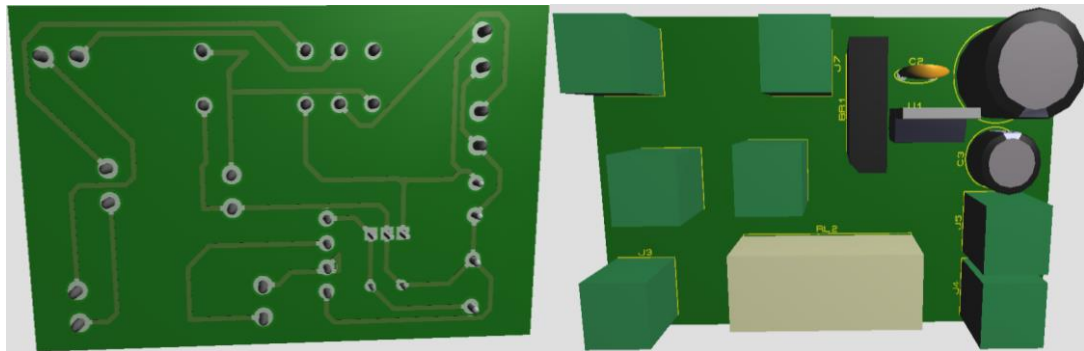


Figura 31. Vista en 3D del circuito del sistema de módulo de control

Fuente: Propia, foto de vista en 3D del circuito del sistema de modulo de control.

5.5. PRUEBAS Y RESULTADOS

Cuando se compraron los materiales se procedió a realizar una serie de pruebas que nos permitirían ver la factibilidad y viabilidad del proyecto, a su vez se descartaban ciertas dudas que había respecto a la propuesta inicialmente planteada y se ayudó a descubrir nuevos contratiempos en la elaboración del sistema de alumbrado.

Con las pruebas se necesitaba saber el tiempo de duración de la celda solar durante el día, también el tiempo de carga y descarga de la batería a utilizar, la como implementar un circuito que ayudara acoplar los dos sistemas de recolección de energía que es solar-eólico, entre muchas otras pruebas.

Prueba #1 “funcionamiento de la celda solar durante el día”

Esta prueba se realizó el día 7 de octubre de 2014, el día se encontraba nublado durante las horas de la mañana, la celda funciono perfectamente a partir de las 6:00 am arrojando un voltaje de 12V aproximadamente. En el transcurso de la tarde el cielo estuvo despejado y permitió que la celda variara entre 16V a 18V con una intensidad de 560 ma. A partir de las 6:00 Pm la celda quedo obsoleta y no siguió funcionando, lo que se concluyó que la celda funciono aproximadamente 12 horas lo que mostro muy buena expectativa a la hora de cargar la batería.



Figura 32. Foto del firmamento nublado y despejado del día de prueba de panel solar

Fuente: Propia, foto de vista del firmamento nublado y despejado del día 07 de octubre del 2014, día de prueba realizado para el funcionamiento de panel solar y captación de radiación solar

Tabla 8.

Datos Horas/Voltaje captado por celda solar

Hora	Voltaje	Hora	Voltaje
05:00 a.m.	0 V	02:00 p.m.	17 V
06:00 a.m.	12 V	03:00 p.m.	16 V
07:00 a.m.	15 V	04:00 p.m.	16 V
08:00 a.m.	15 V	05:00 p.m.	13 V
09:00 a.m.	18 V	06:00 p.m.	0 V
10:00 a.m.	17 V	07:00 p.m.	0 V
11:00 a.m.	17 V	08:00 p.m.	0 V
12:00 p.m.	16 V	09:00 p.m.	0 V
01:00 p.m.	16 V	10:00 p.m.	0 V

Nota. Fuente: Propia, tabla de horas/voltaje captado por celda solar(panel solar), realizada en Microsoft Office Excel 2013

Prueba #2 “prueba con el aerogenerador eólico”

Esta prueba se realizó el día 7 de marzo del 2015, debido a las especificaciones técnicas del dispositivo se necesita estar a una altura mínimo de 4.50 mts de altura para que ese pueda funcionar en óptimas condiciones, sin embargo estuvo sometida a un viento constante el cual alcanzo los 15V y llego a entregar una corriente de 2,5 A. con esto aseguramos que a pesar de la falta de corrientes de aires que existen en nuestro entorno, es suficiente para que el aerogenerador no permita que la batería se descargue en su totalidad durante la noche.

Prueba #3 “descarga y carga de la batería”

Como se quería calcular el tiempo que duraba la batería en descargarse por completo, se conectó una bombilla de 10W con el fin de calcular el tiempo máximo que podría soportar la batería durante la noche, el resultado fue el siguiente:

Hora de conectarse la batería: 5:00 PM del día 15 de octubre de 2014

Hora de descargarse la batería: 4:47 AM del día 16 de octubre de 2014

Duración de la batería en horas: 11 horas con 47 minutos duro la batería funcionando sin recargarse.

Una vez se descargó la batería, se procedió a cargarse con la celda solar y se contabilizo el tiempo de duro cargándose la batería conectada al regulador, estos fueron los resultados:

Hora de conectarse la celda a cargar: 6:00 AM del día 16 de octubre de 2014

Hora en cargarse por completo la batería: 4:00 Pm del día 17 de octubre de 2014.

Duración de la batería cargándose en horas: 34 horas duro la batería cargándose, pero sabiendo con la prueba #1 que la celda solar solo funcionan de 6 de la mañana a 6 de la tarde, podemos concluir que en realidad la batería se demoró 22 horas en cargarse por completo.

Prueba #4 “tiempo de descarga de la batería con el reflector LED de 100W

La batería utilizada es de 560 Amh lo que conlleva a que esta sobre elevada al consumo de la luminaria, de acuerdo a los consumos del reflector, circuito de módulo de control, regulador de carga, fotocelda y el circuito DC-DC, la batería logro estar en funcionamiento durante 3 días sin estar cargando, debido al sistema de protección que tiene el regulador, solo permitió que la batería entregara aproximadamente la mitad de su capacidad total.

Prueba #5 “Circuito DC-DC y la fotocelda”

Debido a que la fotocelda trabajaba a 12V no era capaz de entregar la corriente necesaria para activar el circuito elevador DC-DC, esto se debe a que este circuito funciona con un voltaje mínimo de 11,5V, esto genero que la fotocelda se convirtiera en un circuito on-off y que el circuito DC-DC trabajara directamente con la batería por medio de un relé que será activado con la fotocelda. De esta manera la fotocelda abre y cierra el relé y el circuito pone a trabajar a los chips led solo cuando sea necesario y la fotocelda lo permita.

5.6. CÁLCULOS

Los cálculos de este sistema son muy sencillos, a continuación describiremos paso a paso como se realizó el cálculo de este sistema.

- Gracias al aplicativo de google maps, localizamos la zonas donde se realizó el montaje de la luminaria, una vez hallada la zona, tomamos las coordenadas como referencia, después entramos en un aplicativo de la NASA el cual nos identifica cual es la radiación solar en esta zona durante todo el año, este valor que arrojaba se multiplicaba por la potencia de los paneles.

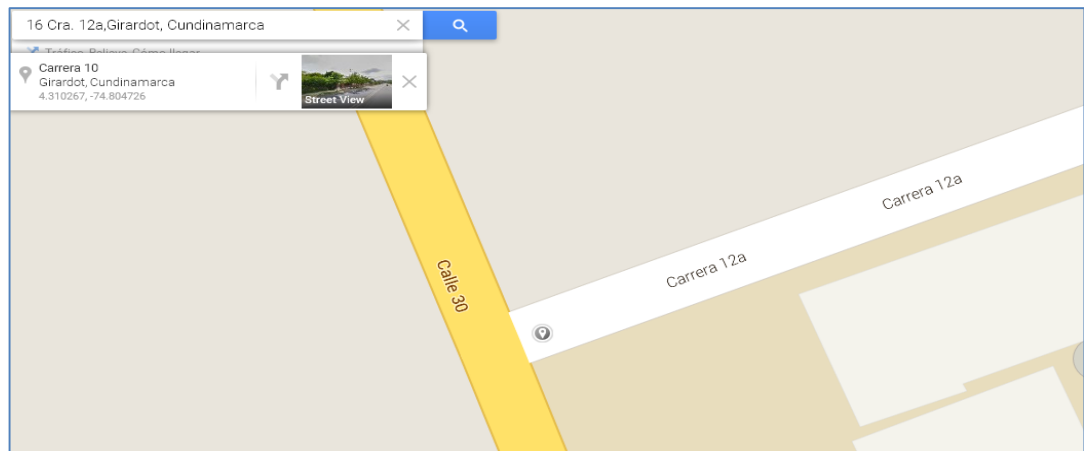


Figura 33. Pantallazo de ubicación de Cra. 12a google maps

Fuente: Maps, G. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 2015, de <https://www.google.es/maps/search/6+Cra.+12a,Girardot,+Cundinamarca/@4.310274,-74.804718,21z/data=!3m1!4b1>

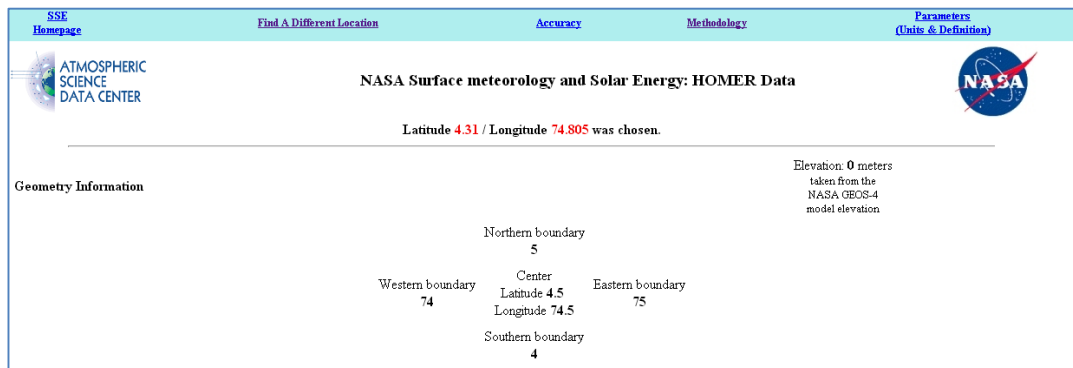


Figura 34. Pantallazo programa web Nasa Surface meteorology and Solar Energy para niveles de radiación

Fuente: Center, N. A. (Marzo de 2008). *NASA Surface meteorology and Solar Energy A renewable energy resource web site (release 6.0)*. Obtenido de <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m ² /day)	
Lat 4.31 / Lon 74.805	
	5.77
	6.57
	6.90
	6.33
	5.47
	5.17
	5.43
	5.67
	5.68
	5.94
	5.31
	5.21

Figura 35. Pantallazo programa web Nasa Surface meteorology and Solar Energy para niveles de radiación durante el año

Fuente: Center, N. A. (Marzo de 2008). *NASA Surface meteorology and Solar Energy A renewable energy resource web site (release 6.0)*. Obtenido de <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

$5,17 * 10 = 51,7$ “este es la cantidad vatios generados por el panel en el mes de junio”

- Una vez teniendo este resultado, procedemos a identificar la cantidad de vatios instalados de en la luminaria, para este caso en particular tenemos dos chips led de 50W, para un total de 100W.
- Ahora identificaremos la duración que nuestra luminaria se mantendrá encendida, para nosotros va hacer de 12 Horas, por lo tanto multiplicamos $12 * 100$ para un total de 1200 W/H.
- Vamos ahora a identificar la capacidad de la batería, para esto multiplicaremos los 560AH que es nuestra batería por 12V de tensión, para un total de 3360 W/H. ahora dividimos 1200W/H de la capacidad instalada sobre la capacidad de la batería que son 3360W/H, eso tendrá un resultado de 0,3571, lo que significa que necesitamos una sola batería para que nuestro sistema funcione.
- Después dividimos los 1200 W/H utilizados sobre la capacidad de los paneles y sobre los vatios generados en el paso 1, este resultado es de 2,32.

$1200 / 10 / 51,7 = 2,32$ aproximadamente 3 paneles de 10W se necesitan.

6. CONCLUSIONES

- El sistema de luminaria con abastecimiento solar-eólico y tecnología de iluminación led, genera un alto costo para su implementación, debido a que los componentes para su diseño no se encuentran en el mercado nacional, muchos de estos componentes deben ser traídos de otros países, generando un costo adicional por la solicitud y el envío, además de los elevados precios para adquirirlos.
- La implementación de la tecnología led en el tema de iluminación, genera grandes resultados en temas como aplicabilidad, ciclo de vida y la capacidad de eficiencia en el ahorro del consumo de energía eléctrica.
- El uso de otras fuentes de energía como la energía solar y eólica para la transformación en energía eléctrica causa gran impacto en el ahorro y consumo para el abastecimiento del sistema de alumbrado público.
- En la implementación y ensamble de los circuitos para el funcionamiento del sistema de alumbrado se evidenció la necesidad de ser ensamblados en baquetas universales, por el tema de tiempo y costos.

7. BIBLIOGRAFIA

- Arias, P. (13 de 05 de 2014). ley 1715 de 2014. *Diario Oficial* , págs. 1-9.
- Bogota, a. d. (03 de 10 de 2001). *ley 697 de 2001*. Recuperado el 24 de 09 de 2014, de ley 697 de 2001: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449>
- Bogota, a. d. (XX de XX de 2008). *Proyecto de Acuerdo 162 de 2008 Concejo de Bogotá D.C.* Recuperado el 23 de 09 de 2014, de Proyecto de Acuerdo 162 de 2008 Concejo de Bogotá D.C.: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29525>
- Center, N. A. (Marzo de 2008). *NASA Surface meteorology and Solar Energy A renewable energy resource web site (release 6.0)* . Obtenido de <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>
- CIDET. (09 de 11 de 2012). *Normatividad sobre Energía Solar Térmica y Fotovoltaica*. Recuperado el 24 de 09 de 2014, de Normatividad sobre Energía Solar Térmica y Fotovoltaica: http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/uiet/normatividad_sobre_energia_solar_termica_y_fotovoltaica.pdf
- CIDET. (09 de 11 de 2012). *Normatividad sobre Energía Solar Térmica y Fotovoltaica*. Recuperado el 24 de 09 de 2014, de Normatividad sobre Energía Solar Térmica y Fotovoltaica: http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/uiet/normatividad_sobre_energia_solar_termica_y_fotovoltaica.pdf
- Colombia, e. E. (s.f.). *ENERGIAS RENOVABLES COLOMBIA*. Recuperado el 25 de Agosto de 2014, de ENERGIAS RENOVABLES COLOMBIA: <http://www.energrecol.com/>
- department, A. T. (s.f.). *Amazon Try Prime* . Obtenido de http://www.amazon.com/ALEKO-24V-Vertical-Turbine-Generator/dp/B009BDRAZ0/ref=pd_sim_sbs_60_2?ie=UTF8&refRID=0T81DES7DJ3H5913DEZC
- Energetica, S. d.-G. (s.f.). *TECNOLOGÍAS ALUMBRADO PÚBLICO*. Recuperado el 22 de Agosto de 2014, de TECNOLOGÍAS ALUMBRADO PÚBLICO: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:F_7OrAhkgs0J:www.apeficiente.cl/archivos_descargables/tecnologias_renovables/Energias_Renovables.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co

- Energia, A. (2014). *Activa Energia-Alumbrado público LED*. (o. 6. cerro el plomo 5931, Productor) Recuperado el 13 de 01 de 2015, de <http://www.activaenergia.cl/biomasa.html>
- Energia, A. I. (XX de XX de 2006). *energias renovables comision electrotecnica internacional*. Recuperado el 23 de 09 de 2014, de [energias renovables comision electrotecnica internacional: http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/technology/renewable_energies-s.pdf](http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/technology/renewable_energies-s.pdf)
- española, r. a. (2015). *Real Academia Española*. Obtenido de <http://www.rae.es/>
- españoles, i. p. (21 de 11 de 2012). *Alarmantes cifras de los gases de efecto invernadero en la atmósfera*. Recuperado el 23 de 09 de 2014, de [Alarmantes cifras de los gases de efecto invernadero en la atmósfera: http://www.ingenieros.es/noticias/ver/alarmantes-cifras-de-los-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atmósfera/3076](http://www.ingenieros.es/noticias/ver/alarmantes-cifras-de-los-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atmósfera/3076)
- espinosa, j. j. (1972). *historia y geografía de giradot*. bogota: el diario.
- Girardot, A. (2012). *ASOCIACIÓN MUNICIPAL DE JUNTAS DE ACCIÓN COMUNAL*. Obtenido de <http://asojuntasgirardot.com/jac/ub/ubi.html>
- ISAAC, A. (07 de 07 de 2009). *energía eólica en colombia: implicaciones para la transmisión y operación*. Recuperado el 24 de 09 de 2014, de [energía eólica en colombia: implicaciones para la transmisión y operación: http://www.lawea.org/foro/presentaciones/Idi_Amin_Isaac_Millan.pdf](http://www.lawea.org/foro/presentaciones/Idi_Amin_Isaac_Millan.pdf)
- izquierdo, i. m. (XX). *una aventura llamada giradot*. Girardot: XX.
- Libre, M. (s.f.). *Mercado Libre Colombia Led Chip 50w 4500 Lumenes 34v 6500k Blanco Para Reflector*. Obtenido de http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-415065227-led-chip-50w-4500-lumenes-34v-6500k-blanco-para-reflector-_JM#redirectedFromParent
- Libre, M. (s.f.). *Mercado Libre Colombia Regulador Carga Batería Panel Solar 20 Amperios*. Obtenido de http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-413648041-regulador-carga-bateria-panel-solar-20-amperios-_JM?redirectedFromSearch=true
- libre, w. l. (15 de enero de 2014). *colombia, wikipedia*. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Colombia#/media/File:COL_orthographic_\(San_Andr%C3%A9s_and_Providencia_especial\).svg](http://es.wikipedia.org/wiki/Colombia#/media/File:COL_orthographic_(San_Andr%C3%A9s_and_Providencia_especial).svg)
- Maps, G. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 2015, de <https://www.google.es/maps/search/6+Cra.+12a,Girardot,+Cundinamarca/@4.310274,-74.804718,21z/data=!3m1!4b1>

- Noticias, C. C. (s.f.). *Colombia una potencia en energías alternativas*. Recuperado el 22 de Agosto de 2014, de Colombia una potencia en energías alternativas: <http://www.mineduacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>
- Patiño, J. P.-A. (2013). *ANÁLISIS DEL AVANCE DE LA TECNOLOGÍA LED APLICADA EN EL ALUMBRADO*. Recuperado el 22 de agosto de 2014, de ANÁLISIS DEL AVANCE DE LA TECNOLOGÍA LED APLICADA EN EL ALUMBRADO: [http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/\(A\)_2013DGTI_Analisis_del_avance_de_la_tecnologia_LED_aplicada_en_el_alumbrado_publico__1165.pdf](http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/(A)_2013DGTI_Analisis_del_avance_de_la_tecnologia_LED_aplicada_en_el_alumbrado_publico__1165.pdf)
- Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2008). *proyecto de acuerdo 162 de 2008*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29525>
- TIEMPO, E. (26 de 06 de 2004). *eltiempo.com*. (R. Cundinamarca, Editor, & E. TIEMPO, Productor) Recuperado el 16 de 12 de 2014, de eltiempo.com: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1587761>
- UPME, U. d. (2014). *energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales*. Recuperado el 1 de 10 de 2014, de energias renovables, descripcion, tecnologias y usos finales.: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>
- UPME, U. d. (s.f.). *Energias Renovables: Descripcion, Tecnologias y usos finales*. Recuperado el 20 de marzo de 2015, de <http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/htm/EnergiaAlternativa/index.swf>