Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales
Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos

Manual de procedimientos para el uso práctico del banco de aprendizaje de energía eólica en el laboratorio de servicios públicos sede el porvenir

Diego Alejandro Morales Bernal

Código 20132081059

Asesor

Rafael Eduardo Ladino Peralta

Bogotá – Colombia

2018

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL USO PRÁCTICO DEL BANCO DE APRENDIZAJE DE ENERGÍA EÓLICA EN EL LABORATORIO DE SERVICIOS PÚBLICOS SEDE EL PORVENIR

DIEGO ALEJANDRO MORALES BERNAL

Trabajo de grado en la modalidad de monografía presentado como requisito para obtener el título de Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos

Director

ING. MSC RAFAEL EDUARDO LADINO PERALTA

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales
Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos
Bogotá DC, 2018

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____
Firma del Docente Evaluador

_____
Firma del Docente Director

Dedicatoria

A Dios por darme la oportunidad de llegar hasta este punto, por sus bendiciones Y darme la fortaleza espiritual y mental para lograr este importante logro.

A mi esposa por su apoyo incondicional y el gran sacrificio de estos años, a mis hijos que son la principal motivación para que ellos tengan unos pilares fuertes en su crecimiento y día a día luchen por cumplir sus sueños.

A mis padres y hermano por la educación que me han dado por que gracias a ellos he llegado a ser la persona que soy hoy en día, por su incondicional apoyo a través de estos años.

Al profesor Eduardo Ladino por sus concejos y apoyo en este trabajo de grado y por darme la oportunidad de trabajar con él, y motivarme para terminar mis estudios, a los demás profesores de la Tecnología en Gestión Ambiental que durante este tiempo compartimos experiencias y conocimientos que hicieron de mi, mejor persona.

A mis compañeros, Sebastián, Joan, Andrés y Camila por los buenos momentos en el transcurso de la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

Indice De Tablas 1
Indice De Figuras 2
Glosario 3
Resumen 4
Introducción 6
Justificación 7
Planteamiento Del Problema 8
Hipotesis O Preguntas De Investigación 8
Antecedentes 9
Objetivos 11
Objetivo General 11
Objetivos Específicos 11
Marco Teórico 12
Energia…… 12
Energia Solar 13
Energía Fotovoltaica 14
Energía Solar Termica: 15
Energia De La Biomasa 16
Energia Hidraulica 17
Turbina Tipo Kaplan 19
Turbina Tipo Francis 20
Turbina Pelton 21
Energia Eolica 22
Aerogeneradores 25
Marco Geográfico 28
Marco Legal 33
Metodologia De Investigacion 34
Banco Eolico 37
Conclusiones 49
Referencias Bibliográficas 50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Potencia eólica instalada en el mundo del 2001-2016 9

Tabla 2 Potencia eólica instalada acumulada en el mundo del 2001-2016..... 10

Tabla 3 clasificación de la biomasa 16

Tabla 4 Clasificación Centrales Hidroeléctricas 19

Tabla 5 Densidad de potencia en el viento según su clase..... 25

Tabla 6 Marco legal 34

Tabla 7 Etapas del trabajo 35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Energía Fotovoltaica 14
Figura 2 Energía Solar Térmica 15
Figura 3 Ciclo de la biomasa 17
Figura 4 Central Hidráulica 18
Figura 5 Turbina Tipo Kaplan 20
Figura 6 Turbina tipo Francis 21
Figura 7 Turbina tipo Pelton 22
Figura 8 Circulación Atmosférica del viento 23
Figura 9 Parque eólico Jepirachi 24
Figura 10 Aerogenerador de eje horizontal 26
Figura 11 Aerogenerador de eje vertical 26
Figura 12 Parque eólico los Cocos 27
Figura 13 Partes de un Aerogenerador 28
Figura 14 Universidad Distrital Sede Porvenir 29
Figura 15 Universidad Distrital sede Macarena 30
Figura 16 Universidad Distrital sede Tecnológica 31
Figura 17 Universidad Distrital sede Vivero 32
Figura 18 Laboratorio de servicios Públicos 33
Figura 19 Caja del Panel Solar Fotovoltaico 44
Figura 20 Micro inversor 45

GLOSARIO

Actinómetro: Mide específicamente la intensidad de radiación solar.

Grados Kelvin (°K): Unidad de temperatura creada por William Thomson Kelvin.

Heliógrafo: Se utiliza para registrar la duración e intensidad de los rayos solares.

Kilovatio (kW): Medida de potencia eléctrica equivalente a mil vatios.

Megavatio (Mw): Medida de potencia eléctrica equivalente a un millón de vatios.

Piranómetro: Instrumento meteorológico utilizado para medir la radiación solar.

RESUMEN

Este trabajo tiene como finalidad mostrar el Banco de Energía eólica ubicado en el Laboratorio de Servicios Públicos de la Universidad Distrital y una Guía de prácticas para que los estudiantes y profesores puedan simular la generación de energía eólica.

La Guía de prácticas incluye una serie de conexiones las cuales orientaran a los estudiantes y docentes a realizar montajes para poner en funcionamiento los diferentes componentes que tiene el Banco de energía Eólica, como son: el sistema de Adquisición de datos, amperímetros, motor, medidores de potencia, inversores de corriente y voltaje y los paneles de corriente alterna y continúa.

Actualmente el mundo se enfrenta a un problema que se está saliendo de control como es el cambio climático, ya que la humanidad con su afán de crear y obtener fuentes de energía para poder satisfacer sus necesidades han provocado grandes cambios al planeta en cuestiones de climatología afectando directamente la temperatura de la tierra, en esa búsqueda se realizan diferentes formas de obtener energía pero no 100% limpia.

Las energías renovables poco a poco han ido encajando en la sociedad, la cual busca nuevas formas de explotar los recursos Naturales sin afectar el ecosistema, por esta razón la energía eólica en diferentes partes del mundo se ha convertido en una fuente sostenible y limpia es por esta razón que se han construido parques eólicos en varias partes del mundo y Colombia no es la excepción.

PALABRAS CLAVE: energía eólica, sostenible, Manual, Banco de energía eólica, Aprendizaje, Laboratorio de Servicios Públicos.

ABSTRACT

The purpose of this work is to show the Wind Energy Bank located in the Public Services Laboratory of the District University and a Practical Guide so that students and professors can simulate the generation of wind power.

The Practical Guide includes a series of connections which will guide students and teachers to make assemblies to put into operation the different components that the Wind Energy Bank has, such as: the Data Acquisition system, ammeters, motor, meters of power, current and voltage inverters and alternating current panels and continues.

Currently the world is facing a problem that is getting out of control as is climate change, as humanity with its eagerness to create and obtain energy sources to meet their needs have caused major changes to the planet in issues of climatology affecting directly the temperature of the earth, in this search different ways of obtaining energy but not 100% clean are made.

Renewable energies have little by little been fitting into society, which seeks new ways to exploit natural resources without affecting the ecosystem, for this reason wind energy in different parts of the world has become a sustainable and clean source. They have built wind farms in various parts of the world and Colombia is no exception.

KEYWORDS: Wind energy, sustainable, Manual, Wind Energy Bank, Learning, Public Services Laboratory.

INTRODUCCIÓN

Este documento tiene como propósito realizar un manual de prácticas para el uso del banco de energía eólica que permita a los estudiantes de la Universidad Distrital Francisco José de caldas un uso adecuado del mismo.

La sociedad actual se ha esforzado en la búsqueda del equilibrio entre el desarrollo económico, industrial, comercial, y el medio ambiente; para encontrar la tecnología, métodos o alternativas en la obtención de energías sostenibles. Por esta razón la Universidad Distrital Francisco José de caldas en pro de capacitar estudiantes para afrontar los retos actuales ha realizado la compra de un banco de energía eólica para el laboratorio de servicios públicos de la sede de Bosa el Porvenir, con el fin de que los estudiantes de los diferentes programas académicos que estén interesados en realizar pruebas para simular la obtención de energía eólica puedan hacerlo sin ningún problema.

El presente documento permitirá contribuir a la forma de instalación y uso del banco de energía eólica para el aprendizaje en la Universidad. Este trabajo, está estructurado de la siguiente manera:

En primer lugar encontraremos la Justificación, seguida por el Propósito del Estudio, el planteamiento del problema, hipótesis o pregunta de investigación, luego los objetivos, el marco teórico, el tipo de investigación para finalizar el análisis y las referencias.

JUSTIFICACIÓN

La universidad Distrital se ve en la necesidad de comprar equipos tecnológicos para que los estudiantes de las distintas carreras hagan sus prácticas y simulaciones en los diferentes laboratorios ya que por cuestiones económicas no siempre se puede realizar las salidas de campo para confrontar la teoría con la práctica, por esta razón la Universidad adquirió un banco de energía eólica el cual realiza una simulación en la generación de energía renovable y sostenible eje importante en nuestra carrera, con la realización del manual de procedimientos se quiere guiar a los estudiantes de la Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos y los otros proyectos de la Facultad de Medio Ambiente para un mayor aprendizaje.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estudiantes de la Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos de la Universidad Distrital se ven en la necesidad de poner en práctica los conocimientos que los docentes comparten en algunas materias que se consideran prioritarias como Energías Renovables y Servicio Público de Energía, pues en ocasiones no se cuenta con una salida pedagógica que explique de manera práctica lo aprendido en el salón de clases. Por esta razón el laboratorio de servicios públicos adquiere equipos de alta tecnología para que los estudiantes puedan realizar prácticas donde se compare la teoría con la práctica, por consiguiente se hace necesario implementar una cartilla de guía para que los estudiantes desarrollen sus prácticas y diseñen sus prototipos para una futura implementación.

HIPOTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Qué tan complejo puede ser la utilización de un banco de energía eólica por parte de los estudiantes de la Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos?

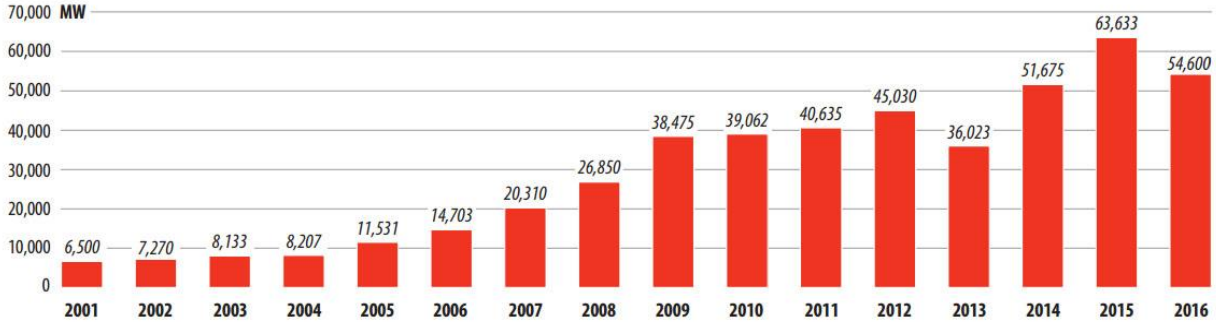
1. ANTECEDENTES

En Colombia solo existe un lugar con un parque de energía renovable eólica este es el parque Jepírachi, ubicado en la región nororiental de la costa atlántica, entre el Cabo de la Vela y Puerto Bolívar. Este parque cuenta con una capacidad instalada de 19,5 Mw de potencia nominal, 15 aerogeneradores de 1,3 Mw cada uno. Los vientos en este sector soplan casi todo el año a un promedio de 9,8 metros por segundo.

Este parque entro en operación total en el año 2004 haciendo parte del programa para el aprovechamiento de la energía eólica en la alta Guajira, es administrado por la empresa EPM (Empresas Públicas de Medellín), y está registrado como Mecanismo de Desarrollo Limpio por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el cambio Climático.

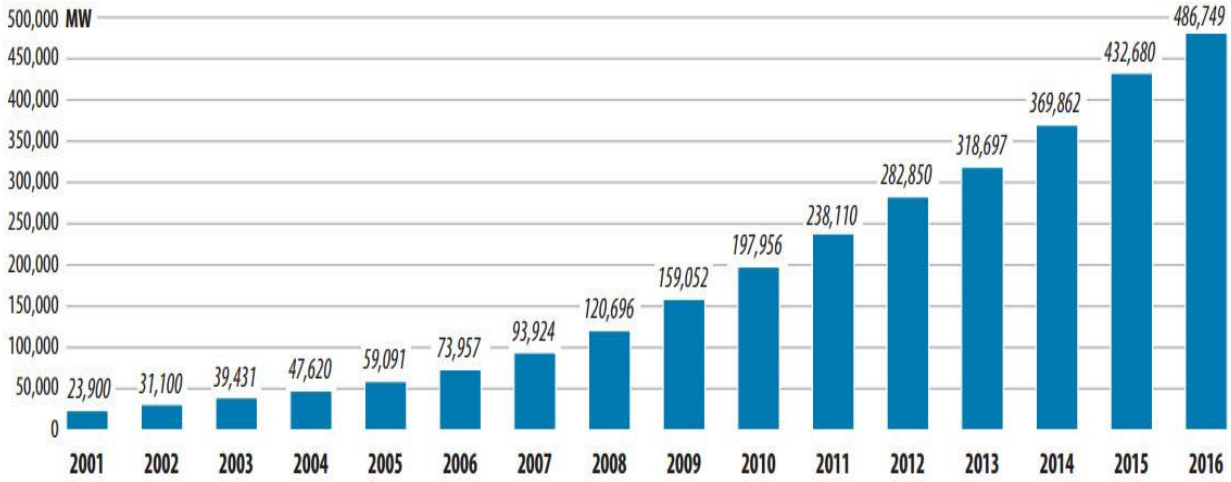
La energía eólica en el mundo ha crecido en un 12,4% en el año 2016, y se situó en 486.749 Mw según datos del Global Wind Energy Council (GWEC), Estados Unidos, China, España, India y Alemania son los primeros Productores, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 1 Potencia eólica instalada en el mundo del 2001-2016



Fuente: (Quintanilla, 2017)

Tabla 2 Potencia eólica instalada acumulada en el mundo del 2001-2016



Fuente: (Quintanilla, 2017)

España es uno de los países más avanzados en el campo de la energía eólica pues más del 10% de la potencia eólica mundial esta a manos de empresas españolas, también en el año 2014 España se convirtió en el primer país del mundo en donde la energía eólica fue la fuente principal de generación de energía en un año completo.

Como se puede apreciar Europa principalmente España lleva bastante ventaja en este campo pues desde hace más de 30 años han realizado esfuerzos por buscar fuentes de energía renovables para sustituir y proteger el medio ambiente para tratar de revertir un poco los estragos del cambio climático.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Elaborar una guía de procedimientos para la utilización del banco de energía eólica del laboratorio de servicios públicos de la sede del Porvenir

2.2 Objetivos específicos

- Identificar los componentes del banco de energía eólica.
- Establecer un modelo de conexión de los diferentes componentes del banco de energía eólica.
- Realizar las guías de prácticas académicas del banco de energía eólica.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 ENERGIA

La energía se ha convertido en un instrumento indispensable en el día a día de los seres humanos, sin embargo a pocas personas les inquieta el modo como esta llega sus hogares, empresas, universidades, vehículos, entre otros.

No obstante, es importante reconocer como en su gran mayoría la forma de obtención de este servicio, su costo y su suministro influyen en la economía mundial. Para esto se debe revisar como la energía eléctrica; la cual es la que principalmente se usa en las grandes ciudades desde la cotidianidad para, prender el televisor, cargar nuestros celulares y encender una bombilla, Esta energía eléctrica se obtiene por un proceso en el cual se extrae combustibles fósiles en un 85% de la superficie terrestre y esta forma de explotación se ha vuelto insostenible, ya que está acabando con la flora y fauna de muchos ecosistemas en el mundo, causando desequilibrio en el clima, en los suelos, contaminación hídrica entre otros problemas que poco a poco se visibilizan en la cotidianidad.

Con lo anterior, es posible poner en duda el modelo energético en el que se vive, por esta razón se hace necesaria la implementación de energías sustentables y limpias pues las energías renovables "son aquellas que provienen de fuentes naturales, se regeneran por medios naturales y son tan abundantes en la tierra que se pueden considerar virtualmente inagotables "(Arias Ávila y Tricio Gómez, 2013, pág. 35).

Los diferentes ciclos que se dan en la tierra como el del agua, el viento, las corrientes marítimas son las apropiadas para encontrar en estas el cambio que está pidiendo nuestro planeta en cuanto a la obtención de energía pues como se menciona anteriormente son

fuentes inagotables y abundantes, no son fuentes de energía alternativa pues estas son capaces de sustituir las fuentes actúales en menor tiempo y con menores efectos contaminantes, para esto se hace preciso identificar y clasificar las energías renovables dependiendo de su fuente de obtención.

3.2 ENERGIA SOLAR: Es la que Proviene del sol y se puede aprovechar en tres tecnologías como lo son; térmica, fotovoltaica y solar termoeléctrica.

"El aprovechamiento de la energía solar, como fuente de energía útil tiene un doble objetivo, por un lado ahorrar en energías no renovables, sobre todo en energía fósil y energía nuclear, y por otro lado amortiguar el impacto ambiental generado por ellas" (Jutglar, 2004, pág. 9), es importante aclarar que este aprovechamiento se debe realizar de una manera responsable, teniendo en cuenta varias características como la cantidad del sol recibida por metro cuadrado, lugar geográfico determinado, la energía que se recibe al día, al año, al mes.

El sol es una gigantesca estrella formada por una pequeña porción de helio y en su gran mayoría hidrogeno, donde se genera una gran cantidad de energía debido a una reacción nuclear y gracias a esa fusión los seres fotosintéticos aprovechan esta energía como fuente de vida.

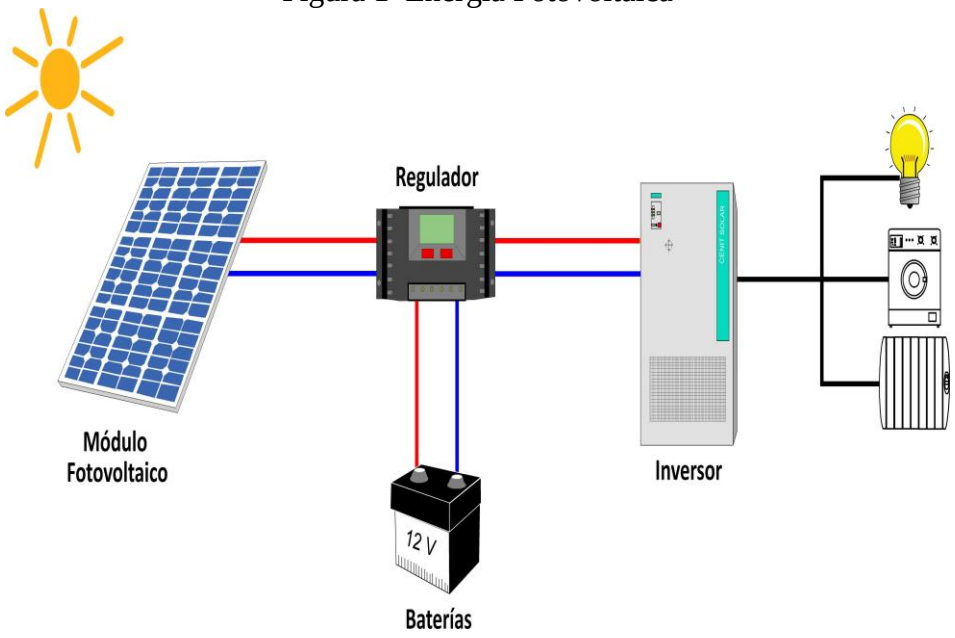
La energía solar llega a la tierra en forma de radiación electromagnética produciendo la sensación de calor en nuestro planeta, según estudios se estima que la temperatura del sol puede llegar a ser de unos 5800°K. Existen varios elementos que sirven para medir la radiación del sol como el Piranómetro: el cual utiliza un sensor colocado bajo una

superficie semiesférica normalmente de cristal de cuarzo trasparente para medir la longitud de onda, otro instrumento es el Actinómetro el cual mide solamente la radiación directa y el Heliógrafo el cual mide el número de horas de sol brillante que se produce en el día también llamada insolación.

3.2.1 ENERGÍA FOTOVOLTAICA

"La luz del Sol se puede convertir directamente en electricidad mediante celdas solares, conocidas también como celdas fotovoltaicas" (Si3ea.gov.co, 2018). Estas celdas estas compuestas por varios materiales semiconductores que están conectados a una batería para poder almacenar la energía obtenida del sol y distribuirla a los diferentes aparatos electrónicos que el usuario disponga o si se requiere se puede utilizar directamente sin necesidad de ser almacenada.

Figura 1 Energía Fotovoltaica



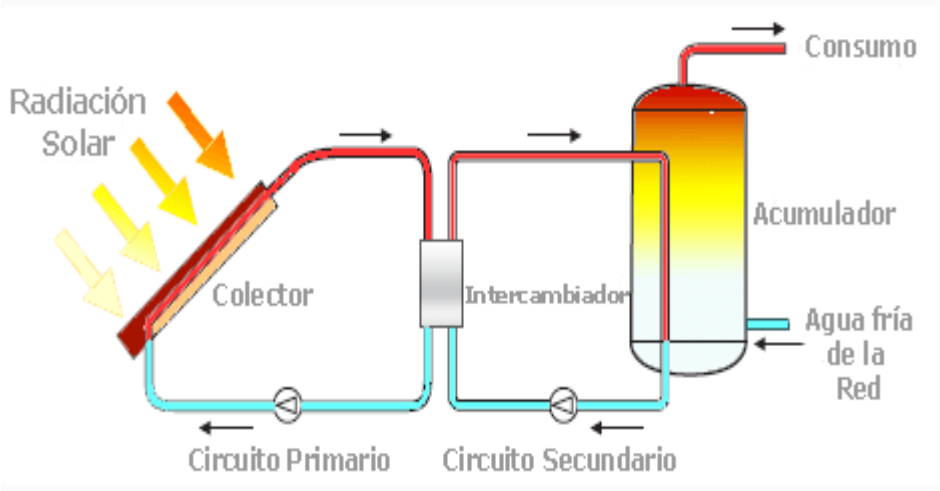
Fuente http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php

3.2.2 ENERGÍA SOLAR TERMICA:

Es otra fuente de energía renovable, totalmente limpia y su aprovechamiento se puede dar en el mismo lugar de obtención, “la energía solar térmica designa todas las tecnologías que, utilizando como fuente la radiación del sol, transforman su energía en calor utilizable para satisfacer directamente cualquier necesidad calorífica” (Romero, M, 2009. pág. 14).

Existen varias aplicaciones para este tipo de energía entre estas se destaca la transferencia hacia un medio portador de calor, lo más común es el agua o el aire por lo tanto funciona como un calentador o calefacción.

Figura 2 Energía Solar Térmica



Fuente: https://solar-energia.net/energia-solar-termica

3.3 ENERGIA DE LA BIOMASA:

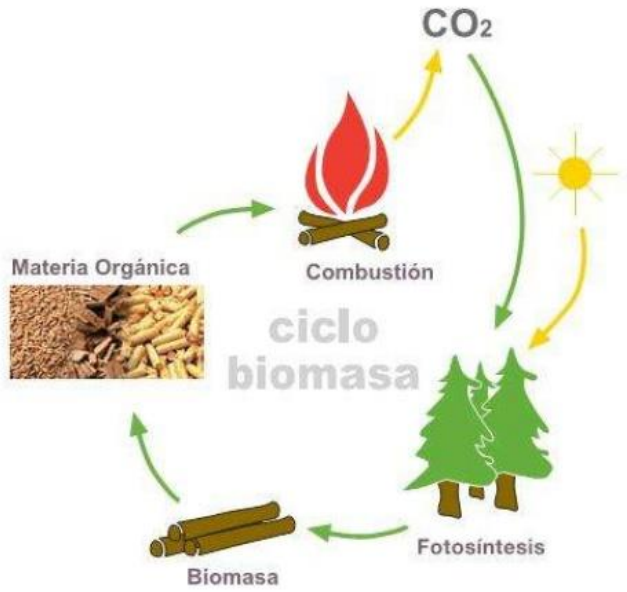
Es aquella que se obtiene de la descomposición de alimentos orgánicos mediante procesos naturales. Existen varias clasificaciones para la biomasa como se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 3 clasificación de la biomasa

TIPOS DE BIOMASA	DESCRIPCION
BIOMASA PRIMARIA	"Es la materia orgánica formada directamente por los seres fotosintéticos" Juana, S, José, (2003) Energías Renovables para el Desarrollo, Editorial Paraninfo entre estos están las plantas verdes, las algas, los residuos agrícolas y forestales.
BIOMASA SECUNDARIA	Es la que producen los seres heterótrofos donde su principal fuente de nutrición es la biomasa primaria.
BIOMASA TERCIARIA	Es la que se producida por los animales carnívoros que se alimentan de los animales herbívoros.

Para obtener la bioenergía cabe resaltar que se tiene que hacer el uso de las tecnologías modernas para sacar provecho de este recurso que es abundante y no genera ningún tipo de contaminación al planeta, sus principales ventajas están en que no produce emisiones de gases tipo invernadero, permite disminuir el volumen de los desperdicios destinados a los rellenos Sanitarios y se puede almacenar en diferentes estados como liquido, gaseoso y solido.

Figura 3 Ciclo de la biomasa

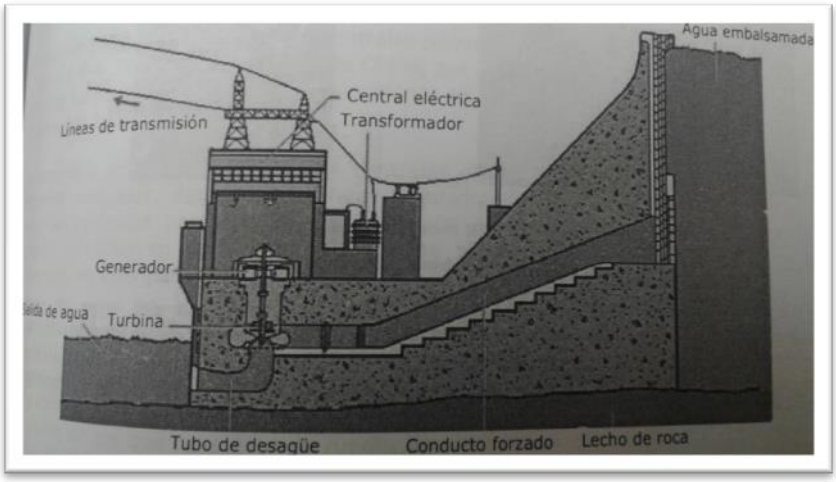


Fuente: http://domerclima.com/servicios/biomasa

3.4 ENERGIA HIDRAULICA:

Cuando empieza a llover el suelo absorbe la mayor parte del agua, sin embargo el sobrante de esta fluye desde las partes más altas como montañas y colinas, si se retiene la lluvia en embalses y se desvía por diferentes canales se realizaría el cambio de energía potencial a cinética convirtiendo esta caída del agua en energía eléctrica con la ayuda de diferentes componentes.

Figura 4 Central Hidráulica



Fuente (Guillen, 2012)

Desde hace muchos años en Grecia y Roma sus habitantes utilizaban ruedas hidráulicas para moler el trigo este fue el inicio para el nacimiento de la energía hidráulica, pero fue el ingeniero Británico John Smeaton quien construyo ruedas hidráulicas en hierro colado, y tomo más importancia en la revolución industrial pues fue vital para impulsar las industrias de textil y cuero.

En el año de 1880 en gran Bretaña se construyo la primera central hidroeléctrica, a causa de la gran demanda de electricidad del siglo XX las centrales hidroeléctricas se hicieron día a día más importantes para los diferentes países del mundo.

Pero podemos clasificar las centrales hidroeléctricas en cuatro tipos como se menciona en la siguiente tabla:

Tabla 4 Clasificación Centrales Hidroeléctricas

TIPO DE CENTRAL HIDROELÉCTRICA	POTENCIA GENERADA
Grandes centrales Hidroeléctricas	Puede llegar a generar millones de watts, con grandes embalses.
Centrales Mini hidroeléctricas	De menor tamaño y puede generar potencias menores de 5000 kW
Centrales Micro hidroeléctricas	Puede generar una potencia menor a 1000 kW

3.4.1 TURBINAS HIDROELECTRICAS

Después de determinar varios factores como el caudal, altura, emplazamiento y potencia, se procede a elegir qué tipo de turbina se instalara en la central hidroeléctrica, para esto existen diferentes tipos de turbinas:

"las turbinas de reacción utilizan la energía de presión del agua en la entrada y en la salida de la turbina y aprovechan la altura disponible hasta el nivel de desagüe" (Guillen, O, 2012).

A este grupo pertenecen las turbinas tipo Francis y Kaplan.

3.4.1.1 TURBINA TIPO KAPLAN: se utiliza en pequeños proyectos de saltos hidráulicos y grandes caudales de agua, consiste "en una cámara de entrada que puede ser abierta o cerrada, un distribuidor fijo, un rodete con cuatro o cinco palas fijas en forma de hélice de barco y un tubo de aspiración" (Guillen, O. 2012, pág. 49).

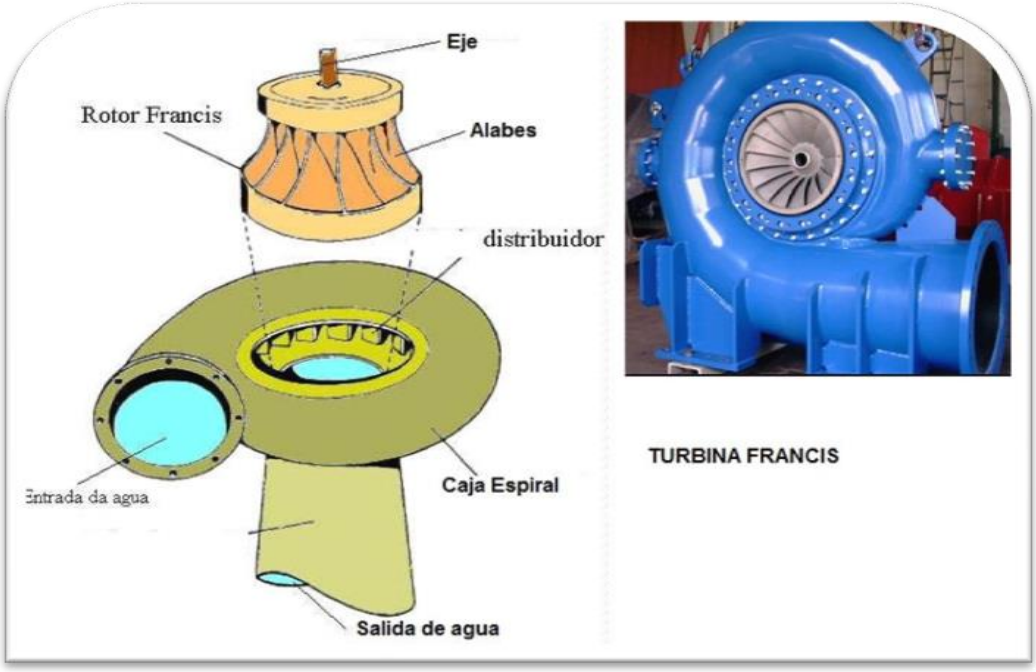
Figura 5 Turbina Tipo Kaplan



Fuente: http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html

3.4.1.2 TURBINA TIPO FRANCIS: Recibe el flujo del agua en dirección radial, y sacándola en dirección Axial, el caudal entra por el alabe del inyector hacia las palas del rodete donde se produce el primer impulso, luego atraviesa el interior del rodete generando el segundo impulso y por ultimo cae por el tubo de aspiración.

Figura 6 Turbina tipo Francis

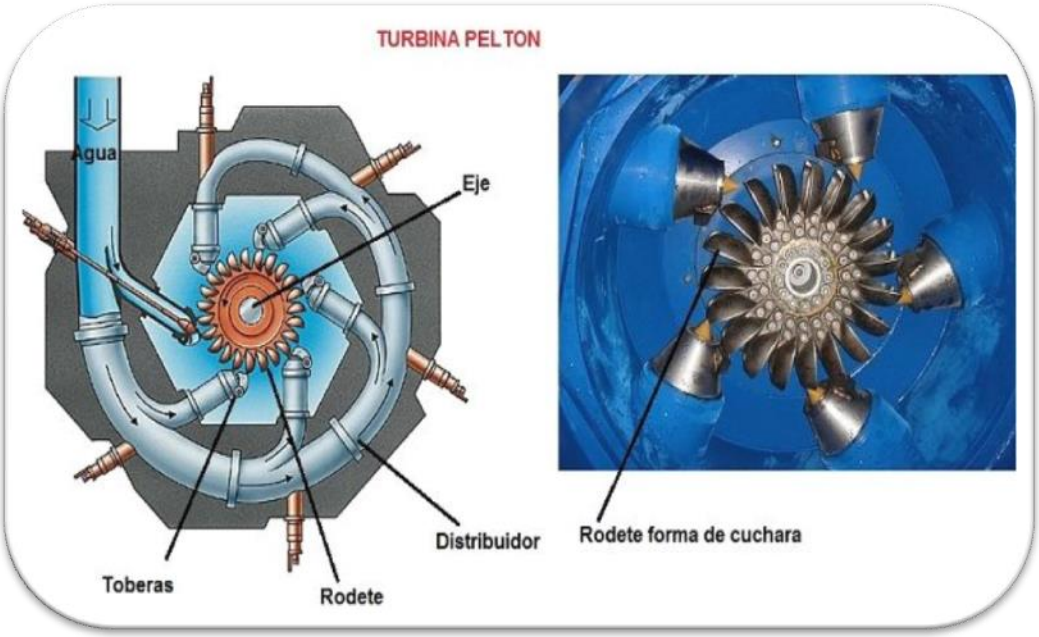


Fuente http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html

Pero tambien existen otras turbinas que aprovechan la energia que ejerce la presion del agua para convertirla en energia cinetica, estas " aprovechan la altura disponible hasta el eje de la turbina" (Guillen, O. 2012, pág. 49) como lo es la turbina Pelton.

3.4.1.3 TURBINA PELTON: Esta conformada por un disco circular en el cual tiene montados una paletas en forma de doble cuchara y un inyector el cual dirige y regula el chorro del agua, el cual incide directamente sobre las cucharas provocando el movimiento de giro de la turbina, su utilizacion es idonea en grandes saltos hidraulicos y pequeños caudales, a continuacion se muestra la imagen de la turbina pelton:

Figura 7 Turbina tipo Pelton



Fuente: http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html

3.5 ENERGIA EOLICA

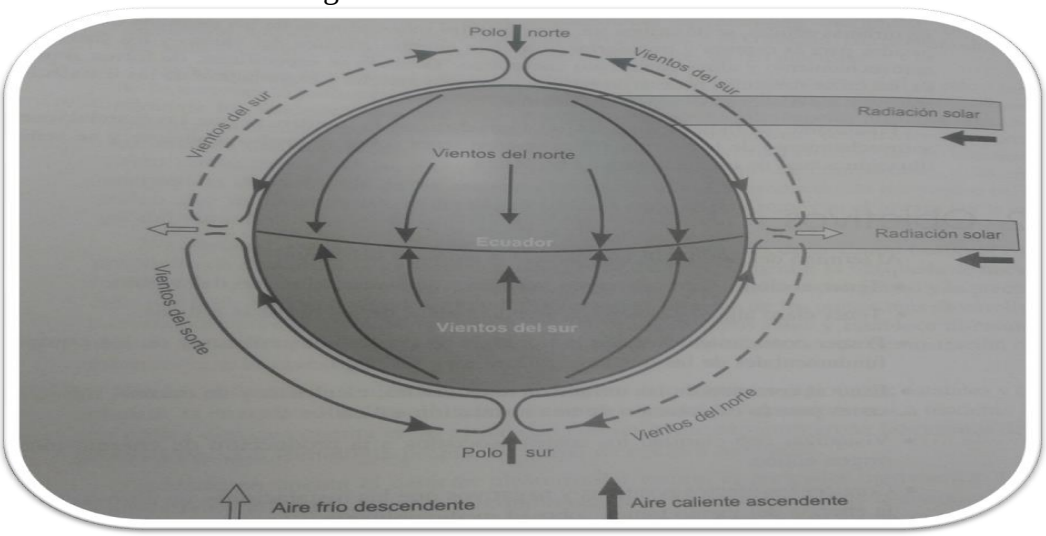
Su nombre proviene del Dios griego EOLO y esta energía ha sido utilizada desde tiempos muy remotos pues era utilizada en los barcos de vela, también se utiliza en algunos lugares para bombear agua y mover los molinos en la agricultura, con el avance de la tecnología hoy en día es posible utilizar este recurso como productor de energía eléctrica.

"El viento es una masa de aire en movimiento, como diferencia de temperatura y presión en la atmosfera, originadas por la radiación solar, dicha masa posee energía relacionada y proporcional a su velocidad" (Arias Ávila & Tricio Gómez, 2013, Pág. 53).

Si se quiere aprovechar este recurso al máximo se deben realizar estudios anuales de la variación del viento en el terreno de experimentación, para ello se utilizan los mapas de

viento los cuales facilitan la búsqueda de lugares apropiados para obtener soluciones de energía apoyadas con este recurso.

Figura 8 Circulación Atmosférica del viento



Fuente: (Guillen, 2012)

Precisamente en Colombia el lugar más indicado para sacar provecho de este recurso es la Guajira pues sus condiciones climatológicas son propicias para la obtención de energía, un ejemplo claro es el parque eólico Jepirachi allí las máquinas están distribuidas en dos filas de ocho y siete máquinas respectivamente, en un área aproximada de un kilómetro de largo en dirección paralela a la playa y 1,2 kilómetros de ancho al norte de la ranchería Kasiwolin y al occidente de la ranchería Arutkajui.

Figura 9 Parque eólico Jepirachi



Fuente: http://susanacordoba2718.weebly.com/fisica.html

“La energía eólica es una de las energías abundantes y renovables de la naturaleza. Proviene de la conversión de la energía cinética que traen las masas de aire en movimiento hacia energía mecánica y luego a energía eléctrica. Para conseguir esta conversión se utilizan máquinas llamadas aerogeneradores. Estos dispositivos, a través de una superficie aerodinámica expuesta al viento, producen trabajo mecánico en un eje. Existen variados diseños aerodinámicos para adaptar distintos tipos de aerogeneradores a las condiciones climáticas de cada zona”. (¿Qué es la energía eólica?, 2012).

Para obtener la energía del viento no se necesitan grandes velocidades pues los equipos están fabricados para generar energía a los 15 Km/h y su potencia máxima está calculada cuando llegan a los 40 o 55 Km/h. Los diseños de los aerogeneradores y su posterior ubicación corresponden a una serie de estadísticas climáticas en la zona de instalación, “en caso de temporales o grandes ráfagas de viento, los aerogeneradores disponen de sistemas

de protección que los sacan de servicio cuando la velocidad del viento supera los 90km/h. (¿Qué es la energía eólica?, 2012).

En la **Tabla 5** se muestra la densidad de potencia del viento.

Tabla 5 Densidad de potencia en el viento según su clase

CLASE DE POTENCIA EOLICA	POTENCIA EXTRAIBLE (W/m^2)	VELOCIDAD MEDIA DE VIENTO (m/s)
1	0 a 200	0.0 a 5.6
2	200 a 300	5.6 a 6.4
3	300 a 400	6.4 a 7.0
4	400 a 500	7.0 a 7.5
5	500 a 600	7.5 a 8.0
6	600 a 800	8.0 a 8.8
7	800 a 2000	8.8 a 11.9

Fuente Adoptado de (Guillen, 2012)

3.5.1 AEROGENERADORES

Los dispositivos que son capaces de convertir la energía eólica en electricidad son los aerogeneradores "consiste en un sistema mecánico de rotación provisto de palas a modo de los antiguos molinos de viento, y de un generador eléctrico con el eje solidario al sistema motriz, de forma que el viento hace girar las palas y el rotor del alternador transformando esta energía mecánica de rotación en energía eléctrica" (Méndez y Rodríguez, 2012, pág. 29) siendo estos aerogeneradores la parte más fundamental para la obtención de energía eólica pues sin os debidos aerogeneradores no es posible transformar la energía mecánica en eléctrica.

Pero existen dos tipos de aerogeneradores uno de eje vertical y el otro de eje horizontal su implementación depende del tipo de terreno y espacio donde se va a ubicar la instalación, en un espacio abierto se recomienda un aerogenerador de eje horizontal (AEH),

Figura 10 Aerogenerador de eje horizontal



Fuente: http://www.archiexpo.es/prod/gamesa/product-88576-977647.html

Pero para una zona urbana se recomienda el aerogenerador de eje vertical (AEV).

Figura 11 Aerogenerador de eje vertical



Fuente: http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2012/06/22/tipos-de-turbinas-eolicas-o-aerogeneradores/

La mayoría de los aerogeneradores son de color gris ya que este color se hace menos perceptible para el ojo humano evitando la contaminación visual en el lugar donde estén ubicados, como se puede observar en la figura 12 los aerogeneradores se pueden confundir con las nubes y el cielo.

Figura 12 Parque eólico los Cocos



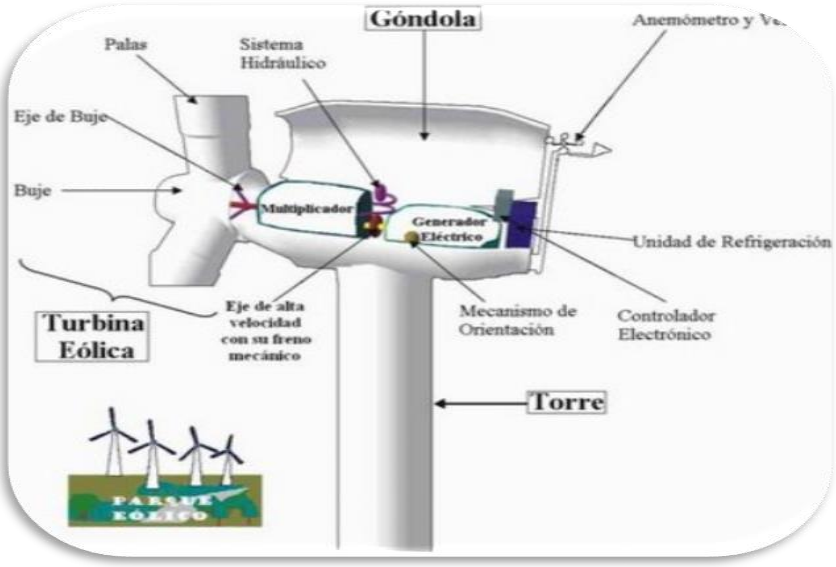
Fuente: http://egehaina.com/parque-eolico-los-cocos-2/

En cuanto al tamaño de los aerogeneradores cabe resaltar que los de 2Mw son los más utilizados en los parques eólicos pues producen una mayor cantidad de energía con poco viento y su menor capacidad de rotación hace que el paisaje se vea más natural.

Otro aspecto a tener en cuenta es el ruido que producen estos aerogeneradores pues se convierte en un tema de impacto negativo con la comunidad, “a una distancia de 40 m de un aerogenerador, el ruido puede ser de unos 60 dB, lo que no resultaría un nivel demasiado elevado. A distancias mayores a los 500 m, lo que es común en los parque eólicos modernos, el ruido es prácticamente imperceptible muy por debajo de los 45 dB” (Méndez y Rodríguez, 2012, pág. 30), esto hace de la energía eólica una de las más limpias para

nuestro planeta y completamente renovable, son mayores sus ventajas que desventajas y día a día se afianza en un modelo de obtención de energía confiable y diferente al tradicional.

Figura 13 Partes de un Aerogenerador



Fuente: http://solo-eolica.blogspot.com.co/2009/10/componentes-de-un-aerogenerador.html

4. MARCO GEOGRÁFICO

El banco de Energía eólica estará ubicado en la Universidad Distrital Francisco José De Caldas Sede El Porvenir en el laboratorio de servicios públicos.

Figura 14 Universidad Distrital Sede Porvenir



Fuente: http://www.sedbogota.edu.co/es/sitios-de-interes/nuestros-sitios/agencia-de-medios/noticias-institucionales/gobierno-de-bogota-entrega-nueva-sede-de-la-universidad-distrital-en-bosa

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, fue fundada en el año de 1948, por iniciativa del presbítero Daniel de Caicedo quien además, fue su primer rector.

En el acta de fundación de la Universidad Municipal de Bogotá, como así se llamó, se dice que era una Universidad creada por el Concejo de Bogotá, para darles educación a los jóvenes más pobres de la ciudad. La Universidad aún mantiene este signo y busca garantizar el acceso de las capas menos favorecidas con lo cual ascienden a la escala social de valores como una forma de justicia y equidad social.

Todo parece indicar que el nombre de Francisco José de Caldas, lo tomó la Universidad al momento en el cual se expidió el decreto de la Junta de Gobierno para cambiar el nombre de Universidad Municipal de Bogotá por el de Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

A la Universidad se le dio vía jurídica a partir de 1970 con el Decreto 1030 de ese año. Hasta entonces, venía funcionando por simple gestión y desarrollo organizacional de un grupo de personas que trabajaban alrededor de un sentir por objetivos comunes, de conocimientos y de comunidad de propósitos académicos.

A mediados de la década del 70, se logra la adquisición de los predios que dan sobre la carrera séptima dentro de la misma nomenclatura de la calle 40 y en los que hoy en día se encuentra la nueva Torre Administrativa y la Sede Central (de Ingenierías).

En el año de 1979 obedeciendo a dificultades de tipo político y organizacional la Institución fue cerrada por espacio de dos años y reabierta nuevamente, totalmente renovada mediante el decreto 80 de 1980 con una nueva sede recién construida, en el barrio La Macarena al oriente de la ciudad. Con el tiempo, esta nueva sede se convirtió en el sitio de referencia de la Universidad.

Figura 15 Universidad Distrital sede Macarena



Fuente: http://planeacion.udistrital.edu.co:8080/reserva-sedes-macarena-a-y-b

Para los años de 1993 y 1994, surge la Facultad Tecnológica, se fortalece la Facultad de Ingeniería y se crea la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que ha sido la gran ventana de la Universidad hacia la sociedad y el resto del mundo académico.

Figura 16 Universidad Distrital sede Tecnológica



Fuente: http://estudiantes2016.grupocerros.org/escenario/escenario/19

La sede del vivero donde queda actualmente la facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales busca en su visión “una profunda reorientación de las actividades productivas, de manera que tanto el sector público como el privado, contando con una amplia participación de la comunidad, logran la armonización de los procesos ecológicos, económicos, políticos y sociales hacia la búsqueda de un desarrollo sostenible. En este marco, la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, concibe no solamente como deseable sino también como posible el propósito de la paz, la cual se entiende, debe transitar en forma ineludible por el sendero del desarrollo sostenible para el beneficio de la población del Distrito Capital y de toda la Nación Colombiana.”

Figura 17 Universidad Distrital sede Vivero



Fuente: http://ambiental.udistrital.edu.co:8080/dependencia

4.1 LABORATORIO DE SERVICIOS PUBLICOS

Está ubicado en la sede del vivero y actualmente es dirigido por el docente Eduardo Ladino Peralta con la ayuda de su auxiliar Sully Ardila. Este laboratorio ayuda a los estudiantes a la investigación y pruebas con los diferentes equipos que lo componen, entre ellos se encuentran la planta de osmosis inversa, el banco de energía fotovoltaica, equipos de gas y telecomunicaciones, con esto se busca afianzar los conocimientos dados por los docentes de las diferentes materias del componente de Servicios Públicos Domiciliarios como Acueducto y Alcantarillado, Aseo, Energía, Gas, Telecomunicaciones y en otras aéreas del saber cómo Ecología, Plantas de Tratamiento de Agua Potable, Residual y Estaciones de Bombeo.

Figura 18 Laboratorio de servicios Públicos



Fuente: http://ambiental.udistrital.edu.co:8080/inicio_sp

5. MARCO LEGAL

En el siguiente marco legal se mencionan las leyes y artículos más relevantes frente a la creación de fuentes de energía renovable en nuestro territorio nacional.

El gobierno nacional se tomo la tarea de reglamentar y establecer leyes que sirvan de guía para la entrada de nuevas fuentes de energía renovable en Colombia.

Tabla 6 Marco legal

MARCO LEGAL	
Ley 1715 del año 2004	*"promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético."*
Ley 142 de 1994 en su artículo 74.1 literal b atribuye a la CREG la facultad de:	"expedir *regulaciones específicas para la generación y cogeneración de electricidad"*
Ley 143 de 1994	*"definirá los criterios para el aprovechamiento económico de las fuentes convencionales y no convencionales de energía, dentro de un manejo integral eficiente, y sostenible de los recursos energéticos del país, y promoverá el desarrollo de tales fuentes y el uso eficiente y racional de la energía por parte de los usuarios".*

Fuente El Autor

6. METODOLOGIA DE INVESTIGACION

Para dar respuesta a la pregunta del problema de este trabajo de grado fue necesario definir el tipo de investigación para ello se utilizo la investigación experimental, en busca de lograr un acercamiento para el reconocimiento del banco de energía eólica de la Universidad

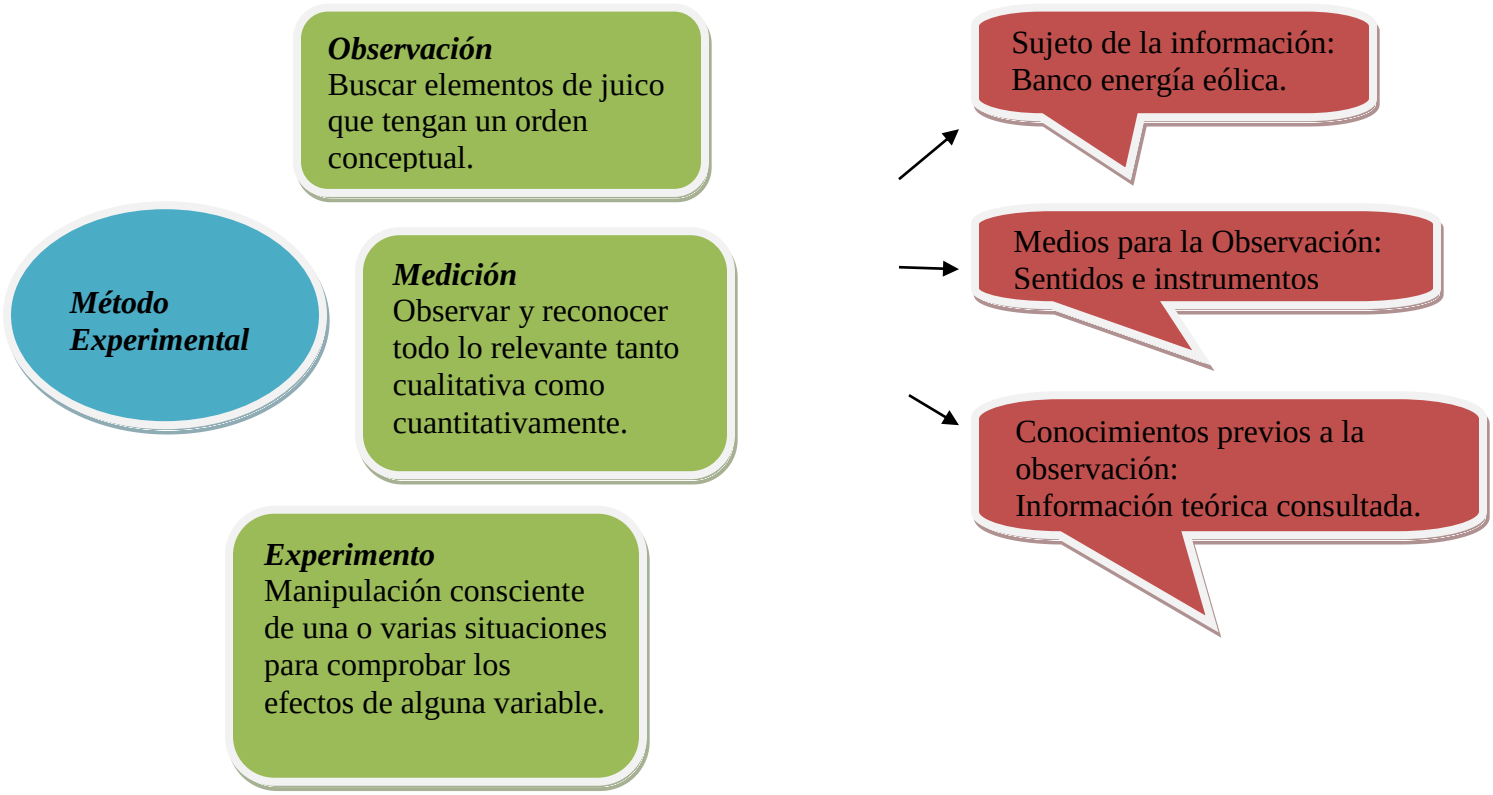
Distrital Francisco José de Caldas por parte de los estudiantes de la clase de Energías Renovables.

Por ser una investigación experimental este trabajo se dividió en dos partes (ver tabla 6) la primera encaminada en la recolección la mayor información posible de fuentes secundarias como libros, internet, videos, etc. La segunda, orientada en la recolección de la información primaria mediante la experimentación, la observación y mediciones en el Laboratorio de servicios públicos.

Tabla 7 Etapas del trabajo

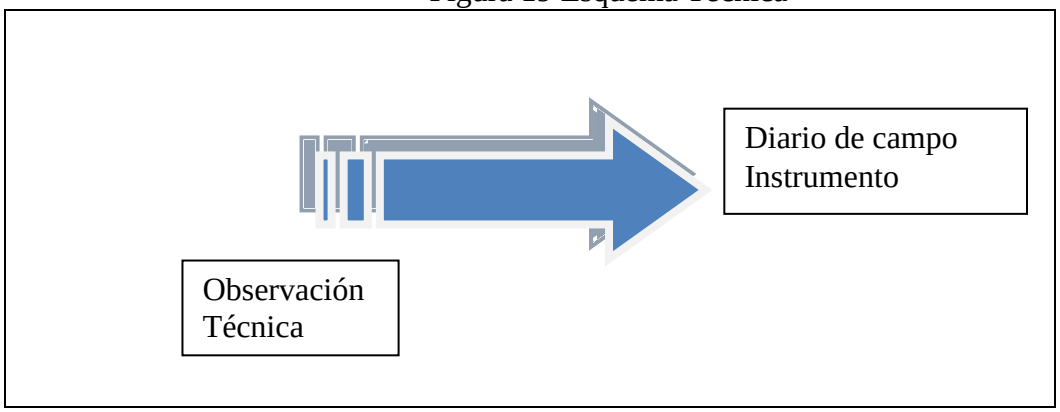
ETAPA 1	***Fases De Recolección De Información***	1.1 Revisión de la bibliografía encontrada en libros, manuales e internet. 1.2 Revisión de la normatividad vigente y aplicable al proyecto de grado.
	Fases De Recopilación De Las Fuentes De Información.	1.3 Diseño del planteamiento del problema. 1.4 Elaboración de los objetivos. 1.5 Selección de metodología y técnica para la presente investigación. 1.6 Elaboración del marco teórico.
ETAPA 2	***Fases De Diseño De Las Practicas***	

El método utilizado en este proyecto de grado, es experimental, pues se realizaran varias pruebas que estarán ligadas con una buena observación y medición de varios componentes del banco de energía eólica.



Para presentar, generar, recoger y analizar la información registrada se usara la técnica cualitativa, pues mediante la observación se llevara un diario de campo que servirá para registrar los detalles y sucesos de las practicas con el banco de energía eólica.

Figura 19 Esquema Técnica



Fuente Adaptado por el autor de (Vélez 2001)

7. BANCO EOLICO

La sociedad se ha esforzado en la búsqueda del equilibrio entre el desarrollo económico, industrial, comercial, y el medio ambiente; para encontrar la tecnología, métodos o alternativas en la obtención de energías sostenibles. Por esta razón la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en pro de capacitar estudiantes para afrontar los retos actuales ha realizado la inversión en la compra de un banco de energía eólica para el laboratorio de servicios públicos de la sede de Bosa el Porvenir, con el fin de que los estudiantes de los diferentes programas académicos que estén interesados en realizar pruebas para simular la obtención de energía eólica puedan hacerlo sin ningún problema.

El banco de energía eólica de amatrol está compuesto por tres partes, en la primera se puede encontrar la parte de energía eólica la cual cuenta con varios componentes eléctricos y sus respectivas protecciones, donde se capta la energía producida por un motor y una hélice la cual simula el movimiento del viento, en la segunda se encuentra el sistema de inversión de corriente con sus respectivos instrumentos para medición como Amperímetros, Medidor Remoto, Medidor de Potencia Análogo, Medidor Digital, Micro Inversor, caja de distribución, bombillos y tomacorrientes para poder probar las conexiones realizadas en el banco, a su vez cuenta con protecciones eléctricas que permiten que en caso de fallar las conexiones, no se dañe el equipo.

Por último está la parte de energía Fotovoltaica compuesta por un panel con lámparas, el cual va conectado a la batería de larga duración en el caso que el banco tenga que ser sacado a lugares exteriores del laboratorio, la energía generada por el motor puede ser utilizada como corriente alterna o corriente directa y así alimentar varios equipos eléctricos.

Figura 20 Banco de energía eólica

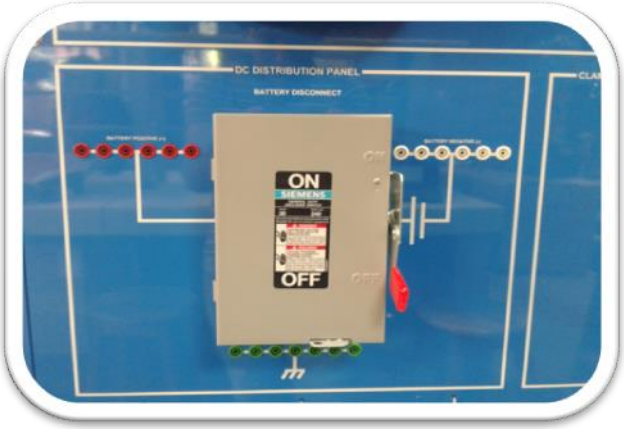


Fuente Amatrol 2017

Nombre: Interruptor General Cerrado (panel de distribución)

Es un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno sus tipos y aplicaciones son innumerables, desde un simple interruptor que apaga o enciende una bombilla, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas, controlado por computadora.

Figura 21 Interruptor General Cerrado



Fuente El Autor

Nombre: Inversor de Corriente

Es un inversor de 300 vatios de onda sinusoidal pura (entrada de CC de 12 voltios), diseñado específicamente para el control remoto de la red de sistemas fotovoltaicos (FV). Los inversores también se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc., en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

Figura 22 Inversor de Corriente



Fuente El Autor

Nombre: Motor

“Convierte la energía eléctrica en energía mecánica, un motor de corriente continua se compone principalmente de dos partes. El estator da soporte mecánico al aparato y contiene los polos de la máquina, que pueden ser o bien devanado de hilo de cobre sobre un núcleo de hierro, o imanes permanentes. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa a través de delgas, que están en contacto alternante con escobillas fijas (también llamadas carbones)”. ("Motor de corriente continua", 2018).

Se utiliza en el banco porque es importante poder regular continuamente la velocidad de simulación del viento.

Figura 23 Turbina



Fuente: El autor

Nombre: Amperímetros DC y Medidor Remoto

Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico. Los amperímetros, en esencia, están constituidos por un galvanómetro cuya escala ha sido graduada en amperios. Para efectuar la medida de la intensidad de la corriente circulante el amperímetro ha de colocarse en serie, para que sea atravesado por dicha corriente.

El Medidor Remoto de Morningstar (RM-1) es una muestra universal de cuatro dígitos con los iconos personalizados que es compatible con varios controladores e inversores de Morningstar. Este medidor ofrece una información completa del sistema para un fácil monitoreo incluyendo voltaje, corriente y temperatura.

Figura 24 Amperímetros DC y Medidor Remoto



Fuente: El autor

Nombre: Medidor de Potencia Análogo

El funcionamiento del contador analógico eléctrico se basa fundamentalmente en el uso de dos juegos de bobinas que crean campos magnéticos, los cuáles actúan directamente sobre

el disco giratorio para producir corrientes parásitas. De esta forma, cada giro es proporcional a la potencia consumida por el circuito. El disco giratorio es el encargado de transmitir, a través de un sistema de engranajes, el movimiento necesario a las agujas que cuentan el número de vueltas del contador.

Figura 25 Medidor de Potencia Análogo



Fuente: El autor

Nombre: Caja de Distribución

Los fusibles son un dispositivo de seguridad que protegen a todos los sistemas eléctricos, Por dentro llevan un filamento. Este filamento soporta una cantidad de corriente la cual se mide en amperios. Y los hay de distintos amperios de acuerdo al componente eléctrico que soporta. Si por lo que sea, de pronto le llega más corriente que la corresponde, el filamento se corta e interrumpe el paso de corriente.

Figura 26 Caja de Distribución

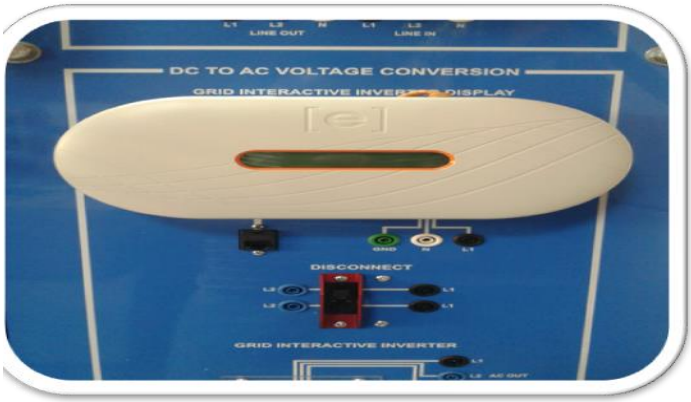


Fuente: El autor

Nombre: Pantalla Interactiva del Micro Inversor de Red

Este display nos da los datos de cuantos aparatos están conectados en el banco eólico, y muestra cuantos kilo-vatios hora se van consumiendo, además puede ser conectado a interfaces nacionales e internacionales vía web para subir dichos datos con el programa que viene con el manual.

Figura 27 Pantalla Interactiva del Micro Inversor de Red



Fuente El Autor

Nombre: Caja del Panel Solar Fotovoltaico

Descripción: La caja de distribución de energía solar está diseñada para activar la energía que se toma en los paneles solares que están instalados en la parte trasera del banco, su función es igual a la del interruptor general pues permite desviar o interrumpir el curso de una corriente.

Figura 19 Caja del Panel Solar Fotovoltaico

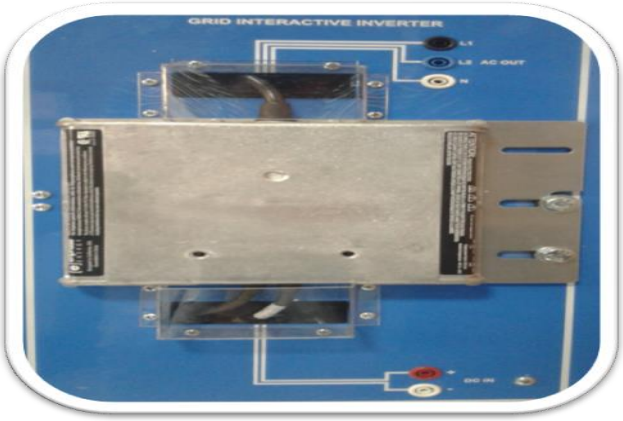


Fuente El Autor

Nombre: Micro inversor

Descripción: Recibe la alimentación directamente de los paneles solares, dando dos líneas de 110 v, La salida de muchos micro inversores es combinada y generalmente inyectada a la red. A diferencia de los inversores centrales, en donde se pueden conectar varios paneles solares, los micros inversores se conectan solamente a uno o dos paneles.

Figura 20 Micro inversor



Fuente El Autor

Nombre: Medidor de Potencia Digital

Este tipo de aparatos digitales que se utilizan para medir el consumo eléctrico efectuado en una vivienda, ofrecen datos a tiempo real y permiten aprovechar al máximo las tarifas con discriminación horaria. El antiguo indicador de números cambia a una pequeña pantalla que informa del consumo y el disco giratorio es reemplazado por un pequeño led rojo que se enciende durante un instante cada vez que se supera una determinada cantidad de energía. En términos simples, cada encendido del led en los contadores digitales equivale al paso de la marca roja del disco de aluminio por la ranura del medidor analógico.

Figura 30 Medidor de Potencia Digital



Fuente El Autor

Nombre: Panel Solar

Es utilizado cuando el banco sea sacado a exteriores y donde no haya un tomacorriente para conectar el banco, este panel carga la batería para poder utilizar todos los elementos del banco, viene con cuatro lámparas de 110 vatios cada una.

Figura 31 Panel Solar



Fuene El Autor

Nombre: Sistema de carga de Batería

Los controladores de Seguimiento Punto de Máxima Potencia (MPPT por sus siglas en inglés), pueden encontrar el punto en el que la fuente de energía opera de forma más eficiente, y luego cargar las baterías. Los controladores de carga de MPPT se utilizan normalmente en sistemas de mayor tamaño, y permiten el uso de módulos de mayor voltaje nominal. Los controladores de tipo MPPT cuestan más que otros controladores de carga, pero puede proporcionar hasta 30% más capacidad de carga desde los paneles solares hacia el banco de baterías.

Figura 32 Sistema de Carga de Batería



Fuente el Autor

Nombre: Conectores tipo banana

Es un dispositivo para unir circuitos eléctricos. La conexión puede ser temporal, como para equipos portátiles, puede exigir una herramienta para montaje y desmontaje o puede ser una unión permanente entre dos cables o aparatos.

Figura 33 Conectores tipo Banana



Fuente El Autor

Nombre: Resistencias

Componente de un circuito que dificulta el avance de la corriente eléctrica, a la traba en general que ejerce el circuito sobre el paso de la corriente y a la magnitud que, en ohmios, mide dicha propiedad.

Los elementos que presentan una elevada resistencia eléctrica se utilizan en los circuitos como resistores. Se trata de piezas que incluso reciben el nombre de resistencia eléctrica y que se ubican entre dos puntos específicos del circuito para resistir el paso de la corriente.

Figura 34 Resistencia



Fuente El Autor

8. CONCLUSIONES

- El banco de energía eólica de la Universidad Distrital, permitirá a los estudiantes de la Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos y demás carreras de la facultad de Medio Ambiente, realizar simulaciones de obtención de energía eólica obteniendo resultados muy parecidos a los de una construcción eólica real.
- Se logró identificar los componentes del banco eólico, adquiriendo un aprendizaje mediante la utilización de las cartillas dadas por el fabricante.
- Se diseño la guía para el reconocimiento del Banco de Energía eólica con el objetivo de que los estudiantes de las carreras de la Facultad de Medio Ambiente la puedan consultar antes de realizar alguna prueba con el Banco.
- Se hace pertinente tener un conocimiento básico en Ingles ya que las guías de instalación y pruebas del Banco de Energía eólica están en Ingles.
- Durante la utilización del banco se tuvo en cuenta las diferentes especificaciones de los aparatos que lo componen con el fin de evitar retrasos en el desarrollo del trabajo y gastos innecesarios para la universidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía (2017) ley 142 de 1994 recuperado de:

http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752

Alcaldía (2017) ley 143 de 1994 recuperado de:

http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4631

Ávila, A.N & Tricio, G.V (2013), "*cartilla para la enseñanza de las energías renovables"* editorial Universidad de Burgos.

Carta, J & Calero, R, (2009), Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables, Madrid, España, editorial Pearson Educación, S.A.,

C. d. (1994). Ley 142 de 1994 - Régimen de los servicios públicos domiciliarios. Bogotá D.C., Colombia: Unión Ltda.

Creus,A. Energias renovables 2 edicion, (2014),233

Guillen, O. (2012), Energías Renovables una perspectiva ingenieril, México, Editorial trillas.

Juana, S, José, (2003) Energías Renovables para el Desarrollo, Editorial Paraninfo

Martin, J.(2014), Energia solar fotovoltaica y energía eólica, Madrid, España, AMV ediciones.

Méndez, J.M & Rodríguez, J.M (2012) "Energía *eólica"* editorial fundación confemetal.

UPME, (sf). Energías renovables: Descripción, tecnologías y usos finales. Recuperado el día 06 de Septiembre del año 2017 del sitio web:

http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Iluminacion/CarFNCE.pdf

UPME. http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf Recuperado el 09/09/2017

Partes de un Aerogenerador. (2017). [imagen] Disponible en: http://solo-eolica.blogspot.com.co/2009/10/componentes-de-un-aerogenerador.html/ [Última consulta 15 Jul. 2017].

Turbina tipo Francis. (2017). [imagen] Disponible en: http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html [Última consulta 4 Agos. 2017].

Turbina tipo Kaplan. (2017). [imagen] Disponible en: http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html [Última consulta 4 Agos. 2017].

Turbina tipo Pelton. (2017). [imagen] Disponible en: http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html [Última consulta 4 Agos. 2017].

Ciclo de la Biomasa. (2017). [imagen] Disponible en: http://domerclima.com/servicios/biomasa [Última consulta 8 Sep. 2017].

¿Qué es la energía eólica?. (2012). Disponible en: http://www.energias.bienescomunes.org/2012/08/26/que-es-la-energia-eolica-3/ [Última consulta 25 Mar. 2017]

Quintanilla, S. (2017). *La eólica en el mundo | Asociación Empresarial Eólica*. [Online] Aeeolica.org. Disponible en: https://www.aeeolica.org/es/sobre-la-eolica/la-eolica-en-el-mundo/ [Última consulta 19 May. 2017].

Romero, M (2009) Energía solar térmica, Barcelona, España.: Editorial Ceac.

Esquema de Energía Fotovoltaica. (2017). [imagen] Disponible en: http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php [Última consulta 8 Sep. 2017].

Esquema Energía Solar Térmica. (2017). [imagen] Disponible en: https://solar-energia.net/energia-solar-termica [Última consulta 5 Sep. 2017].

Guillen, O. (2017). Esquema Central Hidráulica. [Imagen].

Guillen, O. (2017). Circulación Atmosférica del viento. [Imagen].

Parque eólico Jepirachi. (2017). [imagen] Disponible en: http://susanacordoba2718.weebly.com/fisica.html [Última consulta 10 Jul. 2017].

Aerogenerador de eje Horizontal. (2017). [imagen] Disponible en: http://www.archiexpo.es/prod/gamesa/product-88576-977647.html [Última consulta 9 May 2017].

Aerogenerador de eje Vertical. (2017). [imagen] Disponible en: http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2012/06/22/tipos-de-turbinas-eolicas-o-aerogeneradores/ [Última consulta 9 May. 2017].

Motor de corriente continúa. (2018). Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua [Última consulta 09 May 2017].

Parque eólico los cocos. (2017). [imagen] Disponible en: http://egehaina.com/plantas/loscocos-2/ [Última consulta 13 May 2017].

http://www.sedbogota.edu.co/es/sitios-de-interes/nuestros-sitios/agencia-de-medios/noticias-institucionales/gobierno-de-bogota-entrega-nueva-sede-de-la-universidad-distrital-en-bosa [Última consulta 5 Mar. 2017].

Universidad Distrital sede Macarena (2017)

http://planeacion.udistrital.edu.co:8080/reserva-sedes-macarena-a-y-b. [Última consulta 30 Abr. 2017].

Universidad Distrital sede Tecnológica (2017)

http://estudiantes2016.grupocerros.org/escenario/escenario/19. [Última consulta 30 Abr. 2017]

Universidad Distrital sede Vivero (2017)

http://ambiental.udistrital.edu.co:8080/dependencia . [Última consulta 30 Abr. 2017]

Universidad Distrital Laboratorio de Servicios Públicos (2017)

http://ambiental.udistrital.edu.co:8080/inicio_sp. [Última consulta 30 Abr. 2017]

Jutglar, L. (2004). *Energía solar*. Barcelona: Editorial Ceac.