

Universidad Internacional del Ecuador

Facultad de Ingeniería Automotriz

Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero en
Mecánica Automotriz

**Diseño y construcción de una trituradora de papel ecológica
eléctrica alimentada por energía solar**

Giovanny Francisco Sánchez Galarza

Director: Ingeniero Flavio Arroyo Morocho Msc.

Mayo 2014

Quito, Ecuador

BIBLIOGRAFIA

FERNANDEZ SALGADO, José. Compendio de energía solar, fotovoltaica y térmica. Madrid. Edición 2010.

GARCIA LOPEZ, Manuel. Manual de mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas. 1era Edición. Madrid 2010.

CARTA GONZALES, José, CALERO PEREZ, Roque, COLMENAR SANTOS, Antonio, CASTRO GIL, Alonso. Centrales de energías renovables. 1era Edición. Madrid 2009.

SANCHEZ MAZA, Miguel. Energía solar fotovoltaica. 1era Edición. México 2010.

MADRID, Antonio. Curso de energía solar, fotovoltaica, térmica y termoeléctrica. 1era Edición. España 2009.

GORMAZ GONZALEZ, Isidoro. Técnicas y procesos en las instalaciones singulares en los edificios. 1era Edición. España 2009.

BUENAVENTURA BASSEGODA, Musté. Técnicas de construcción fotovoltaicas. Barcelona-España. Edición 2009.

CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CONELEC). Atlas solar del Ecuador. Quito-Ecuador 2008.

ROLDAN VILORIA, José. Instalaciones solares fotovoltaicas. 1era Edición. Madrid 2010.

LABOURET, Anne, VILLOZ, Michel. Manual de energía solar fotovoltaica. 1era Madrid. Edición 2008.

SALGADO FERNANDEZ, José. Tecnología de las energías renovables. 1era Edición. España. 2009.

MORO VALLINA, Miguel. Instalaciones solares fotovoltaicas. 1era Edición. Madrid. 2010.

CAMPOS MICHELENA, Manuel. Los biocombustibles. 2da Edición. Madrid. 2009.

GUTIERREZ SALAZAR, Ferney. Manual Autocad 2012. Bogotá-Colombia. Edición 2012.

JIRÓN POPOVA, Mirna, SICACHA ROJAS, Germán. Fundamentos básicos del dibujo de elementos de máquinas. 1era Edición. Colombia 2011.

RIVAS ARIAS, José, Soldadura eléctrica y sistemas Mig y Mag. 9na Edición. España 2009.

HENAO ROBLEDO, Fernando. Riesgos eléctricos y mecánicos. 1era Edición, Colombia 2009.

JEFFOS, Larry. Soldadura principios y aplicaciones. 5ta Edición. Argentina 2010.

AVEIGA MACAY, Vicenta. Como hacer una investigación científica. 1era Edición. Manabí, Ecuador. 2012.

CHUQUIN, Nelson. Diseño y construcción de un sistema publicitario mediante energía solar. Riobamba, Ecuador 2011.

CHAMAN, Stephen. Maquinas eléctricas. 5ta Edición. México 2012.

CERTIFICACIÓN

Yo, Giovanni Francisco Sánchez Galarza, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Giovanni Francisco Sánchez Galarza

CI: 171595641-1

Yo, Flavio Arroyo, certifico que conozco al autor del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Firma del Director Técnico de trabajo de grado

Ingeniero Flavio Arroyo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar a esta etapa tan importante de mi vida y que puso en mi camino a personas adecuadas para ayudarme con mi proyecto.

A mí querida Madre que incondicionalmente estuvo siempre dándome ánimos y que con su esfuerzo y dedicación me ayudó incansablemente para que convierta mis sueños en realidad porque siempre creyó en mí.

A mi Padre que dejó su tiempo para acompañarme; a mi querida hermana, a mi tío Marcelo y demás familia. A mis profesores Flavio y Alex, que con su gran ayuda profesional me guiaron; al Ingeniero Cesar Aldaz, Ingeniero Gustavo Cárdenas, a Fabián y todo el equipo de trabajo de Revicar.

Mi eterno agradecimiento.

DEDICATORIA

A Dios, que es luz en mi camino y con su infinita sabiduría supo guiarme, dándome las fuerzas y la paciencia necesaria para culminar mi carrera profesional.

A mis padres: Miriam Esperanza y Edgar Ramiro, quienes con su apoyo incondicional me incentivaron a culminar mi meta profesional, por lo que ellos merecen en gran parte este importante triunfo; a mi familia, primos y amigos que estuvieron pendientes del desarrollo de mi proyecto.

Diseño y construcción de una trituradora de papel ecológica eléctrica alimentada por energía solar.

El presente trabajo de grado se trata de la construcción de un sistema para operar un motor eléctrico sin el uso de energía de la línea energética común, y que será accionado bajo la generación de energía solar. Se encuentra conformada por tres capítulos, donde el primero se enuncia toda la historia de la energía solar, tipos de fuentes renovables y su aplicación en cada caso. En el segundo capítulo analizaremos la importancia de la disminución de las emisiones de gases contaminantes en nuestro país, con el uso de artefactos tecnológicos que nos servirá para reducir en un gran número la quema de combustibles y que a su vez resulta amigable con el ambiente y por último capítulo menciona el desarrollo, que se encuentra detallado paso a paso de lo que se ha venido realizando para la construcción del presente proyecto.

El desarrollo de esta tesis servirá como un aporte para el medio ambiente, donde podemos generar corriente eléctrica para accionar cualquier componente eléctrico de 220 voltios, ya sea dentro de un taller de servicios mecánicos, o de cualquier otro tipo de servicio, incluso para el uso doméstico, únicamente con la recepción de radiación solar por medio de paneles fotovoltaicos.

Design and construction of an ecological paper shredder electric solar powered

This degree work is building a system to operate an electric motor without the use of common energy power line , and will be operated under the solar power generation . It is composed of three chapters, where the first in the history of solar energy types of renewable sources and its application in each case is explained. The second chapter will discuss the importance of reducing emissions of greenhouse gases in our country, with the use of technological devices that will serve to reduce a large number of burning fuels and turn it environmentally friendly and by last chapter mentions the development , which is detailed step by step of what has been going on for the construction of this project.

The development of this thesis will serve as a contribution to the environment, which can generate electricity to power any electrical component 220 volts , either in a mechanical workshop services or any other service , even for use household , only receiving sunlight through photovoltaic panels.

INDICE GENERAL

CAPITULO	PAG.
INTRODUCCION.....	XIII
1. MARCO TEORICO.....	1
1.1. Energía solar.....	1
1.1.1. El sol.....	3
1.1.2. Energías renovables.....	3
1.1.2.1. Energía eólica.....	4
1.1.2.2. Energía geotérmica.....	5
1.1.2.3. Energía hidráulica.....	5
1.1.2.4. Energía mareomotriz.....	6
1.1.2.5. Energía undimotriz.....	6
1.2. Radiación solar.....	7
1.2.1. Potencial de radiación solar terrestre.....	8
1.2.2. Instrumentos de medición solar.....	8
1.2.2.1. Piranómetro.....	9
1.2.2.2. Heliógrafo.....	10
1.2.3. Medición de irradiación solar.....	11
1.3. Energía solar fotovoltaica.....	11
1.3.1 Fundamentos de los sistemas fotovoltaicos.....	13
1.3.2 Celdas fotovoltaicas.....	13
1.3.3 Luminaria solar autosuficiente.....	14

1.3.4	Ahorros con la energía solar.....	14
1.3.5	Ventajas con la energía solar fotovoltaica.....	15
1.3.6	Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos.....	15
1.3.6.1	En el suelo.....	16
1.3.6.2	En el tejado.....	16
1.3.6.3	En el poste.....	17
2.	EL AMBIENTE Y LA GENERACION ELECTRICA.....	19
2.1.	Generación eléctrica en el Ecuador.....	19
2.1.1.	Gases de efecto invernadero en Ecuador.....	20
2.2.	Importancia de la reducción de emisiones contaminantes.....	23
2.3.	Energía solar fotovoltaica y el futuro en el Ecuador.....	24
2.3.1.	Beneficios ambientales de los sistemas fotovoltaicos.....	26
2.3.2.	Precios de la energía renovable y el incentivo del estado ecuatoriano	28
3.	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA TRITURADORA.....	31
3.1.	Componentes de la trituradora ecológica.....	31
3.1.1.	Paneles solares fotovoltaicos.....	32
3.1.2.	Regulador de carga.....	34
3.1.2.1.	Características del regulador de carga.....	34
3.1.2.2.	Propiedades del regulador de carga.....	35
3.1.3.	Inversor de voltaje.....	37
3.1.4.	Variador de frecuencia.....	39

3.1.5. Motor eléctrico	40
3.1.6. Baterías o acumuladores	41
3.1.6.1. Tipos de baterías.....	44
3.1.6.2. Características de las baterías.....	45
3.1.6.3. Mantenimiento y vida útil.....	45
3.1.7. El cableado.....	46
3.1.8. Rodillos de triturado.....	49
3.2. Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico.....	50
3.2.1. Cálculo de la potencia del motor y selección.....	51
3.2.2. Cálculo y selección del numero de paneles fotovoltaicos.....	53
3.2.3. Cálculo y selección del numero de baterías.....	55
3.2.4. Selección del regulador de carga.....	56
3.2.5. Selección del inversor.....	56
3.2.6. Selección del variador de frecuencia	57
3.3. Instalación y consideraciones del sistema solar fotovoltaico.....	59
3.3.1. Recomendaciones de seguridad.....	59
3.3.2. La soldadura y el tipo de suelda a emplearse.....	59
3.3.3. Instrumentos, equipos y materiales a emplearse.....	61
3.3.4. Etapas de construcción, ensamblado y conexión.....	63
3.3.4.1. Estructura fija.....	64
3.3.4.2. Diseño del eje de transmisión y selección.....	76
3.3.4.3. Tablero de mando.....	80
3.3.4.4. Anclaje de conexiones.....	82

3.3.5. Estructura del panel fotovoltaico.....	83
3.3.5.1. Orientación, inclinación y sombras.....	84
3.3.5.2. Factores para la instalación del panel fotovoltaico.....	85
3.3.6. Pruebas de funcionamiento	86
Observaciones.....	90
Conclusiones.....	91
Recomendaciones.....	94
Anexos.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Clasificación de las tecnologías de aprovechamiento solar.....	2
Figura 1.2 Energía eólica.....	4
Figura 1.3 Esquema de una planta de energía geotérmica.....	5
Figura 1.4 Corte transversal de una represa hidráulica	5
Figura 1.5 Esquema de planta mareomotriz	6
Figura 1.6 Energía undimotriz	6
Figura 1.7 Índice de radiación solar a nivel mundial.....	8
Figura 1.8 Piranómetro.....	10
Figura 1.9 Heliógrafo.....	10
Figura 1.10 Funcionamiento del sistema fotovoltaico.....	13
Figura 1.11 Panel fotovoltaico al suelo	16
Figura 1.12 Panel fotovoltaico en el tejado	17
Figura 1.13 Panel fotovoltaico al poste.....	18
Figura 2.1 Composición del consumo anual energético por sectores.....	20
Figura 2.2 Gases de efecto invernadero y calentamiento global.....	21
Figura 2.3 Primera central fotovoltaica Paragachi.....	26
Figura 3.1 Esquema de funcionamiento de la trituradora ecológica.....	31
Figura 3.2 Regulador de carga	34
Figura 3.3 Variador de frecuencia.....	39
Figura 3.4 Motor eléctrico.....	40

Figura 3.5 Cable eléctrico.....	49
Figura 3.6 Rodillos de trituración.....	50
Figura 3.7 Esquema de funcionamiento mecanico	51
Figura 3.8 Gráfico de los tipos de conexiones.....	56
Figura 3.9 Principio general de soldadura.....	60
Figura 3.10 Perfil en C.....	65
Figura 3.11 Unión de juntas.....	74
Figura 3.12 Ensamble de estructura fija.....	75
Figura 3.13 Estructura fija finalizada.....	75
Figura 3.14 Instalación de paneles fotovoltaicos.....	76
Figura 3.15 Circuito eléctrico tablero de mando.....	81
Figura 3.16 Tablero de mando y control.....	82
Figura 3.17 Diagrama de conexión del variador al motor eléctrico.....	82
Figura 3.18 Anclaje de conexiones al inversor.....	83
Figura 3.19 Angulo de inclinación del modulo.....	85
Figura 3.20 Ubicación del proyecto.....	86
Figura 3.21 Grafico de pérdidas de voltaje.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Gases de efecto invernadero y su fuente.....	22
Tabla 2.2 Ventajas y desventajas en relación al impacto ambiental.....	27
Tabla 2.3 Precios en KW/h.....	29
Tabla 3.1 Uso de cables con respecto a la longitud.....	47
Tabla 3.2 Tipos de variadores de frecuencia existentes en el mercado.....	58
Tabla 3.3 Equipos y accesorios.....	61
Tabla 3.4 Herramientas utilizadas.....	62
Tabla 3.5 Materiales a utilizar.....	63
Tabla 3.6 Etapas de construcción e instalación.....	64
Tabla 3.7 Valores de perdida de radiación.....	84
Tabla 3.8 Valores tomados 13/2014.....	87
Tabla 3.9 Valores tomados 14/2014.....	87
Tabla 3.10 Valores tomados 15/2014.....	88
Tabla 3.11 Valores tomados 16/2014.....	88
Tabla 3.12 Valores tomados 17/2014.....	89

Introducción

La preocupación en la conservación del medio ambiente ha sido en los últimos años un factor relevante para las sociedades, esto debido al gran incremento de la población mundial y el consecuente crecimiento de los niveles de contaminación, por ello, es de vital importancia la protección del medio ambiente como asunto de interés público y político. En nuestro país y en las ciudades principales no se ha concienciado plenamente el tema del reciclaje para contrarrestar esta problemática, es por esto que se ha visto la necesidad de crear un sistema triturador de papel que sea amigable con el entorno ambiental, utilizando al máximo la energía natural, donde la radiación solar proveerá de energía a paneles fotovoltaicos para la alimentación de un motor eléctrico de 0.5HP, lo que servirá para ahorrar gastos de generación de electricidad.

El objetivo de este proyecto de grado es la construcción de una trituradora ecológica eléctrica alimentada por energía solar, la cual será sustentada por radiación generada por una fuente inagotable muy importante que es el sol y que es capturada por paneles solares, esto a su vez nos evitará gastos de generación eléctrica y será amigable con el ambiente, disminuyendo en gran manera la contaminación. Además se realizará la comprobación del tiempo de carga y descarga de los acumuladores de energía, exponiéndolo al trabajo con

alimentación solar y sin ella, para poder verificar la autonomía que tendremos en cada caso.

El alcance de esta tesis se basa en que debido a la contaminación que producen los motores estacionarios generadores de energía eléctrica o plantas térmicas, y que sus valores operacionales son muy altos, se tiene la necesidad de crear e implementar un sistema que genere movimiento a un motor de corriente alterna que será alimentado por energía solar y que a su vez se podrá dar diferentes tipos de aplicación en casas, edificios, industrias, etc., en este caso para la trituración de papel de manera ecológica. Cabe mencionar que en los últimos años se ha visto la importancia del uso de estas fuentes naturales o energía limpia que proviene de la naturaleza, ya que el medio ambiente a nivel mundial y sobre todo en la ciudad de Quito es una problemática para sus habitantes, y en consecuencia generan molestia por el monóxido de carbono que se obtiene en la quema de combustibles en industrias y automotores. Adicionalmente este proyecto llevado a cabo es muy interesante, de modo que incluso cuando exista la falta de energía eléctrica de la red tradicional, es decir cortes de electricidad, este sistema por ser dependiente de energía solar continuará su trabajo sin ningún inconveniente, aun incluso en la noche, cuando los paneles han captado la radiación de manera adecuada para que la carga de los acumuladores de energía estén operando al 100%. Es importante aclarar que la captación de energía solar por los paneles fotovoltaicos son exclusivos para la carga de baterías o acumuladores y por ende a la transformación por medio de un

inversor para entregar finalmente la corriente requerida por el motor para su funcionalidad.

CAPÍTULO I

Marco Teórico

1.1 Energía Solar

Hoy en día la energía en todo el mundo se ha convertido en un problema de gran magnitud, ya que la mayoría de los grandes países y así también en aquellos en vía de desarrollo se ven afectados por las crecientes demandas para la satisfacción de metas sociales y económicas.

El sol es una fuente inagotable de energía para el hombre, ya que nos proporciona energía limpia, natural, abundante y disponible en la mayoría de la superficie de la tierra y, por lo tanto, puede liberarlo de los problemas que han venido ocasionando durante muchas décadas los combustibles y centrales nucleares.

La radiación solar que recibe al medio día una superficie en la tierra depende de la altitud del lugar, nubosidad, humedad y entre otros factores, pero el principal inconveniente es su intermitencia. Por ello, requerimos el almacenamiento para un tiempo de autonomía determinado, además, debemos contar con el respaldo de sistemas suplementarios de energía.

Para el aprovechamiento de la energía solar es necesario realizar los siguientes procesos:

- ✓ Captación y concentración de energía solar
- ✓ Transformación para su utilización
- ✓ Almacenamiento para satisfacer uniformemente la demanda con un tiempo de autonomía establecido
- ✓ Transporte de la energía almacenada, para su utilización en los puntos de consumo.

De esta manera, se lograría una solución que optimice el uso adecuado en cada caso y en cada aplicación de esta energía renovable.

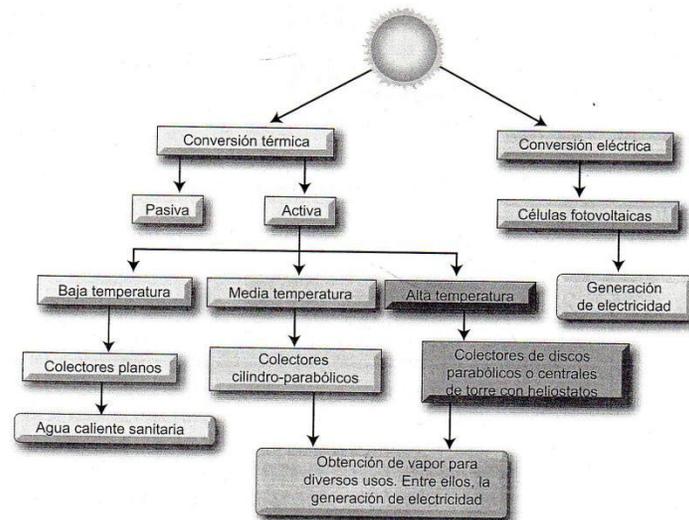


Figura 1.1: Clasificación de las tecnologías de aprovechamiento solar
 Fuente: Centrales de energías renovables, pág.165, Madrid, 2009.

1.1.1.- El sol

El sol es una estrella que emite luz y calor, además de ser la única estrella del sistema solar, alrededor de ella se encuentra la Tierra junto a otros planetas. Se formó hace unos 4.650 millones de años y se calcula que desaparecerá dentro de 5.000 millones de años. La temperatura del centro del sol es de 15 millones de grados centígrados, en el centro de la tierra es de 5.000°C. (Madrid, Antonio, 2009).

El origen de la energía solar es un proceso continuo de fusión termonuclear produciendo temperaturas cerca del núcleo del sol de 45 millones de grados Fahrenheit. La tierra recibe alrededor de 1/200 millonésima parte de la energía producida por el sol, en forma de radiación, viajando a 300.000 km/s desde una distancia de 150 millones de kilómetros en un recorrido de cerca de 8 minutos.

1.1.2.- Energías renovables

“Se denominan fuentes energéticas renovables las que son de origen natural y pueden emplearse ilimitadamente por dos razones:

- Su suministro es muy abundante, por ejemplo el sol y prácticamente inagotable.
- Las materias primas de las que provienen esas energías, se pueden renovar por ejemplo la biomasa, caracterizándose por tener un bajo impacto ambiental.” (Madrid, Antonio, 2009).

Entre otros aprovechamientos de energía renovable tenemos:

- Eólica
- Geotérmica
- Hidroeléctrica
- Mareomotriz
- Undimotriz

1.1.2.1.- Energía Eólica

“Es la energía procedente del viento, que en la actualidad se emplea sobretodo para producir electricidad. Para ello se disponen parques eólicos con modernos molinos de viento. También se pueden colocar pequeños molinos eólicos en casas, granjas, edificios, para producir la energía que necesitan en forma de electricidad” (Madrid, Antonio, 2009).

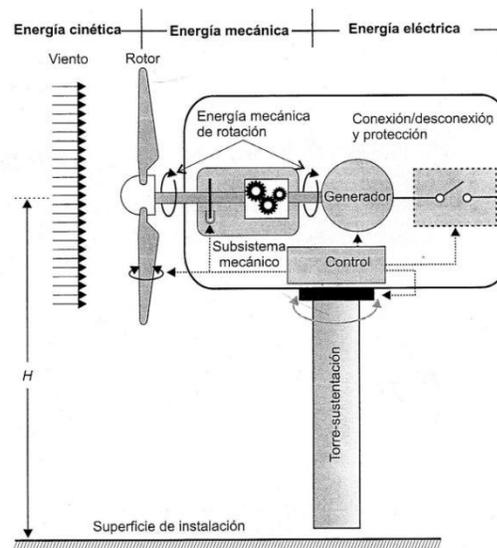


Figura 1.2: Energía eólica

Fuente: Centrales de energías renovables, pág. 359, Madrid, 2009.

1.1.2.2. Energía Geotérmica

“Se aprovecha la energía almacenada en la corteza terrestre para climatizar viviendas y edificios, conservar alimentos, etc.” (Madrid, Antonio, 2009).

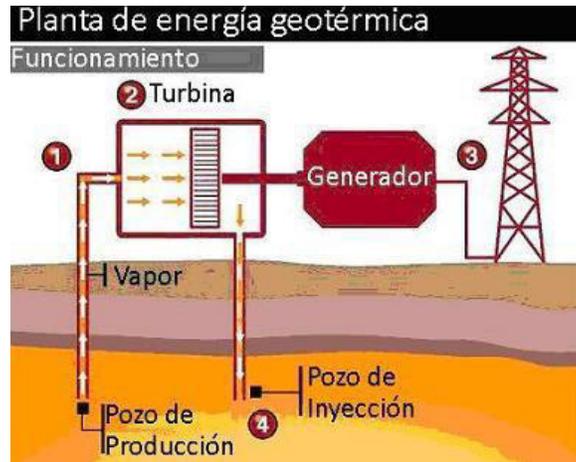


Figura 1.3: Esquema de una planta de energía geotérmica

Fuente: <http://desarrolloamericano.blogspot.com/2012/08/energia-geotermica>

Elaborado por: desarrolloamericano.blogspot.com

1.1.2.3.- Energía Hidráulica

“Es la que se genera por el agua de los ríos, por las diferencias de nivel, que se transforma en electricidad mediante turbinas.” (Madrid, Antonio, 2009).

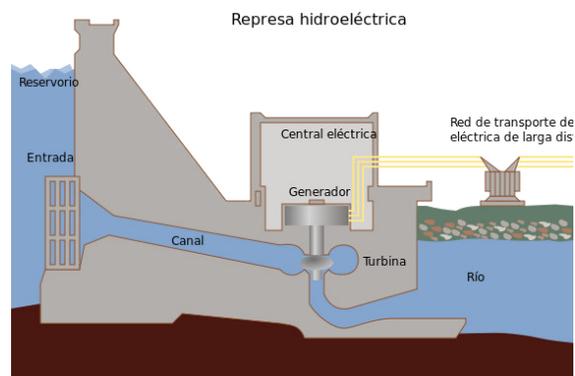


Figura 1.4: Corte transversal de una represa hidroeléctrica

Fuente: Impactos ambientales/Proyectos hidroeléctricos, 2013,

http://es.wikipedia.org/wiki/Central_hidroel%C3%A9ctrica

Elaborado por: [wikipedia.org](http://es.wikipedia.org/wiki/Central_hidroel%C3%A9ctrica)

1.1.2.4.- Energía Mareomotriz

“Es la que se genera en los mares y océanos por efecto de las mareas. Las mareas están provocadas por la fuerza gravitacional que ejercen el sol y la luna, conjuntamente con efecto de rotación de la tierra sobre mares y océanos en las costas.” (Madrid, Antonio, 2009).

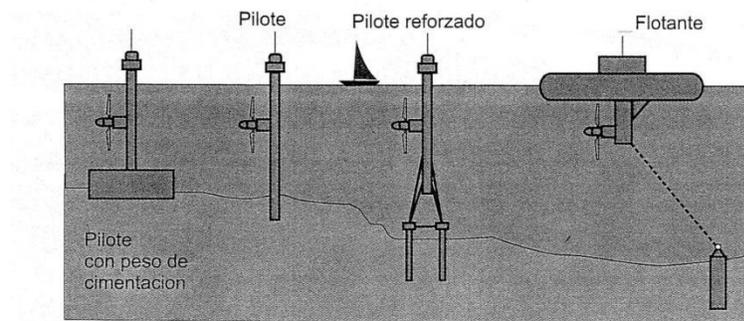


Figura 1.5: Esquema de planta mareomotriz

Fuente: Centrales de energías renovables, pág. 639, Madrid, 2009

Elaborado por: Centrales de energía renovable

1.1.2.5.- Energía Undimotriz

“Es la que se genera en mares y océanos por efecto de las olas.” (Madrid, Antonio, 2009).



Figura 1.6: Energía undimotriz

Fuente: Agencia CyTA, Instituto Leloir, 2013,

<http://www.portinos.com/16880/investigadores-argentinos>

Elaborado por: Agencia CyTA

1.2 Radiación Solar

La radiación solar consiste en la emisión de cualquier tipo de energía en forma de ondas electromagnéticas que se desplazan en el espacio en todas direcciones.

Estas ondas electromagnéticas se refieren al sol que, por lo cual, es el agente emisor y que, a su vez, emite rayos solares.

La naturaleza de las ondas electromagnéticas es siempre la misma, pero tienen distintas longitudes de onda, comprendida entre 10 milésimas de milímetro y una centésima de milímetro. La mitad de los rayos son visibles y son perceptibles al ojo humano, estos son los rayos luminosos que constituyen el 47% de la radiación total. El resto de los rayos solares está por encima de la banda visible, que constituyen rayos infrarrojos o caloríficos, 46% del total, que tienen una longitud de onda relativamente grande y un alto poder calorífico y de transmisión de calor. Los rayos ultravioleta se encuentran por debajo de la banda visible y sería los 7% restantes de la radiación total.

Los rayos infrarrojos que llegan a la tierra para abastecerla de calor viajan en una longitud de onda larga, haciendo llegar unidades de energía solar llamadas fotones.

Los rayos ultravioleta tienen una longitud de onda corta, lo cual significa que una mayor cantidad de fotones llega a la tierra en un tiempo determinado.

Indices de Radiación Solar a Nivel Mundial

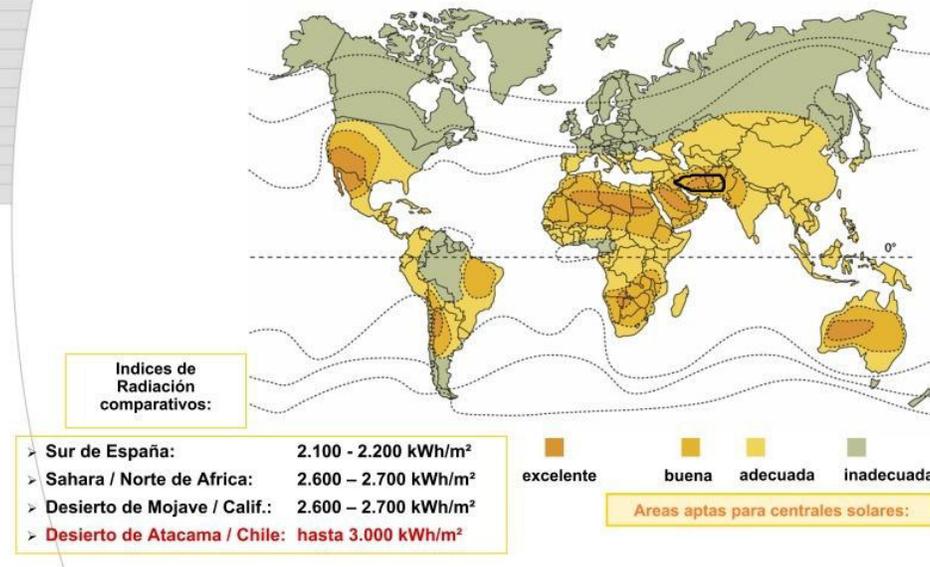


Figura 1.7: Índice de radiación solar a nivel mundial

Fuente: Atlas solar Conelec, Ecuador, 2008.

Elaborado por: Conelec

1.2.1 Potencial de radiación solar terrestre

La energía que recibimos del sol es más que suficiente para cubrir toda la demanda energética del mundo. En realidad la energía que recibimos es 10.000 veces el actual consumo de energía del mundo.

1.2.2 Instrumentos de medición solar

La medición solar y radiación son muy importantes para los siguientes aspectos:

- Estudiar las transformaciones de la energía en sistema tierra – atmosfera.
- Analizar las propiedades y distribución de la atmosfera, los elementos que la constituyen, como aerosoles, el vapor de agua, etc.
- Estudiar la distribución y variaciones de la radiación incidente, reflejada y total.
- Satisfacer las necesidades derivadas de las actividades de la biología, medicina, agricultura, arquitectura, ingeniería y de la industria relacionada con la radiación. (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, s/f, s/p)

A continuación tenemos los siguientes instrumentos de medición solar:

1.2.2.1 Piranómetro

Los piranómetros o también llamados solarímetros, son unos aparatos que miden la radiación entrante de onda corta en un sensor sólido en forma de hemisferio orientado hacia arriba. La intensidad de la radiación es proporcional a la diferencia de temperatura entre las dos áreas sensoras. (García, Manuel, 2010).



Figura 1.8: Piranómetro

Fuente: García Manuel, Manual de mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas, España, 2010.

Elaborado por: García Manuel

1.2.2.2 Heliógrafo

Los heliógrafos miden los periodos del día, durante los cuales la intensidad de la radiación directa sobrepasa un cierto umbral. La suma de estos periodos representa la insolación diaria. El intervalo de tiempo comprendido entre la salida y la puesta del sol define el máximo de insolación diaria posible, para un día y lugar dados. (Técnicas de construcción III, 1982).



Figura 1.9: Heliógrafo

Fuente: García Manuel, Manual de mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas, España, 2010.

1.2.3.- Medición de irradiación solar

“La irradiación instantánea es solo útil para determinar el comportamiento de una instalación en determinado momento. La mayor parte del tiempo sin embargo, es más relevante analizar la irradiación durante un período más largo; por día, por mes o por año. Especialmente si se desea monitorear el comportamiento de un sistema en detalle, entonces será necesario medir la entrada y salida del sistema por un periodo más largo (meses, años). Solo en esa forma los disturbios o problemas a corto plazo pueden reglamentarse y hacerse evaluaciones más exactas del comportamiento.

Si la insolación total por hora o por día es requerida, tendrán que utilizarse los data loggers (es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo o en relación a la ubicación por medio de instrumentos y sensores propios o conectados externamente) para almacenar y agregar las mediciones. Estos data loggers son costosos y solo se usan para monitoreo de sistemas grandes o para estudiar sistemas experimentales.” (Chuquin, Nelson, 2011, p. 61, 62)

1.3.- Energía solar fotovoltaica

Se le llama fotovoltaica a la energía solar que es aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas que son capaces de transformar luz solar en potencial eléctrico, sin que en el proceso se desarrolle un efecto térmico. (Diseños y Soluciones Sostenibles, s/f, s/p) Además, este tipo de energía es utilizada para dar energía a aparatos autónomos de red eléctrica, así como a lugares que están apartados de dicha red.

En el último año se ha producido un crecimiento significativo de la producción de energía fotovoltaica en gran medida gracias a los avances tecnológicos y la evolución de la economía de escala, esto permitió que el costo de la energía solar fotovoltaica se reduzca de forma constante desde que se

fabricaron las primeras células solares comerciales, aumentando la eficiencia y logrando que el costo de generación sea ya competitivo con las fuentes de energía convencionales.

La energía eléctrica puede generarse directamente a partir de la energía solar, convertir la luz en electricidad, utilizando paneles fotovoltaicos, tiene sus bases en las propiedades de algunos sólidos conocidos como semiconductores, que al exponerse a la radiación solar generan una carga eléctrica.

Al incidir la radiación solar sobre la celda fotovoltaica, la energía solar se transmite a los electrones del semiconductor, cuando choca un fotón de luz con un átomo del mono cristal con la suficiente energía como para sacar al electrón de su posición fija o banda de valencia y moviéndolo libremente en la banda de conducción, hasta dejar un hoyo o lugar para otro electrón en el lugar del choque, estos hoyos pueden moverse si un electrón inmediato deja su lugar para ocuparlos. Así se crea una corriente, si los pares de electrones y hoyos que actúan como cargas positivas se separan por un voltaje intrínseco en el material de la celda. La creación y el control de este voltaje han hecho posible la electrónica de los semiconductores. La unidad básica de los sistemas fotovoltaicos consiste en una conexión de celdas en serie y en paralelo, formando un panel para generación de corriente directa.

1.3.1 Fundamentos de los sistemas fotovoltaicos

Si bien es cierto que se pueda utilizar la energía suministrada directamente (previamente regulada), la electricidad se presenta como Corriente Continua (+/- 24VCC), los artículos eléctricos con este tipo de energía son escasos. Por este motivo se requiere de un componente (Inversor), el cual transforma esta electricidad en 110-200 VAC y de esa forma hacer un uso eficaz de la Planta Fotovoltaica.

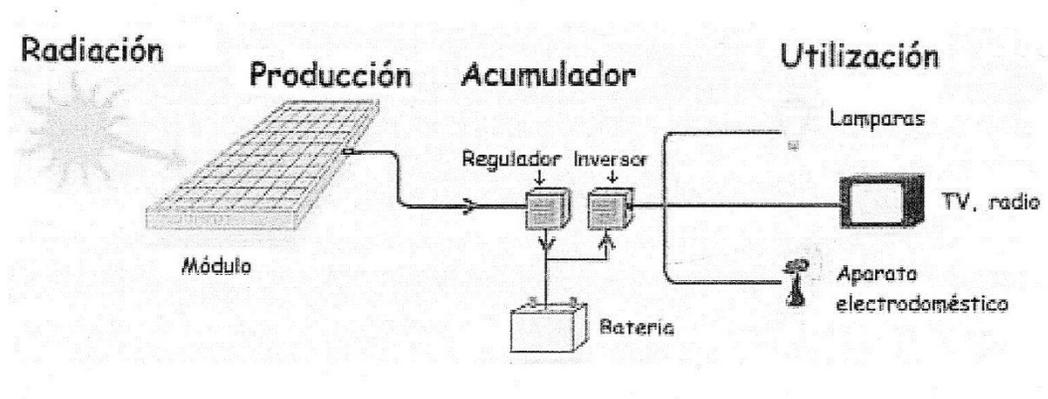


Figura 1.10: Funcionamiento del sistema fotovoltaico

Fuente: Curso de energía solar, España, 2010.

Elaborado por: Curso de energía solar

1.3.2.- Celdas fotovoltaicas

Las celdas fotovoltaicas son una de las fuentes de energía con mayor proyección para el futuro, ya que utilizan la energía la conversión directa de energía solar en energía eléctrica. El obstáculo más grande que tiene al momento la creación de campos fotovoltaicos es el costo elevado de los paneles solares y de producción de las celdas fotovoltaicas. Las celdas fotovoltaicas se fabrican de silicio (el

segundo elemento más abundante en la tierra). Actualmente, existen celdas fotovoltaicas, por ejemplo, en nuestras calculadoras solares así como en los cohetes espaciales.

1.3.3.- Luminaria solar auto suficiente

Permite generar electricidad en forma autónoma, a partir de la energía solar, utilizando celdas fotovoltaicas.

Según Deffis (1999) las luminarias solares autosuficientes han sido utilizadas en décadas anteriores, él señala:

“Desde 1951 son una realidad practica y accesible, en la actualidad representan un importante apoyo para desarrollos autosuficientes, donde la energía eléctrica convencional es difícil de instalar. La luminaria solar permite alumbrar durante la noche, utilizando la energía solar almacenada en una batería automotriz durante las horas o radiación de sol” (Deffis, Armando, p. 150)

1.3.4.- Ahorros con la energía solar

“El costo de generación de energía mediante paneles fotovoltaicos es todavía alto, fluctúa entre USD\$ 0.20 a 0.30 por KWh generado. Dado que en la mayoría de regiones del mundo, el precio de generación convencional fluctúa entre USD\$ 0.03 y 0.13 centavos, estos sistemas no pueden competir directamente en costos con la energía proveniente de las distribuidoras, excepto en mercados remotos donde estas no tienen redes instaladas y los costos de la línea de transmisión no sería [sic] amortizables.

Gracias a la investigación e inversión en mejoramiento de tecnología que se esta [sic] elaborando en este campo, se espera que los costos de producción por KWh se reduzcan hasta el rango de USD\$0.12 – 0.15 por KWh o menos en los próximos 20 años”. (Chuquin, Nelson, 2011, p. 37)

1.3.5.- Ventajas con la energía solar fotovoltaica

- ✓ La energía del sol es limpia y renovable.
- ✓ Es gratuita.
- ✓ No produce emisiones de gases contaminantes para la atmosfera.
- ✓ No consume combustibles, por lo tanto no existe combustión de ningún tipo.
- ✓ Es silencioso, no produce ningún tipo de ruido.
- ✓ Su instalación es menos pesada en relación a sus componentes.
- ✓ Su instalación es simple y rápida.
- ✓ Requiere poco mantenimiento.
- ✓ Puede tener una vida útil de aproximadamente de 25 años.
- ✓ Es resistente a los cambios climáticos.
- ✓ Se puede instalar en sitios rurales donde no llega la red eléctrica.
- ✓ Fácil transporte de sus componentes.

1.3.6 Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos

Las instalaciones solares fotovoltaicas por lo general son fáciles de mantener, ya que prácticamente se mantendrían solas, pero siempre se tiene que tener la precaución de verificar cada cierto tiempo, ya que si no tiene el mantenimiento adecuado, muy probablemente empezará a tener problemas en un corto plazo y, por ello, reducirán el rendimiento de la instalación o acortamiento de su vida útil.

En las instalaciones más comunes y básicas que tenemos son las siguientes:

1.3.6.1 En el suelo

Las ventajas de ubicar paneles fotovoltaicos en el suelo son que puede tener fácil accesibilidad para su instalación, ya que se convertiría en un proceso fácil, rápido y sencillo, pero a la vez son más sus desventajas al estar ubicados en este sitio, tales como pueden sufrir daños o roturas por estar expuestos a cualquier tipo de peligro, así también su deterioro sería más rápido ya que acumularía suciedad como tierra, polvo, hojas secas, etc.



Figura 1.11: Panel fotovoltaico al suelo

Fuente: <http://www.solener.com/intro.html>

Elaborado por: solener.com

1.3.6.2 En el tejado

Es un lugar donde también es fácil la instalación, ya que se lo podría ubicar en el techo de una casa o edificio, a más que si se lo coloca sobre tejado podría ir perfectamente la misma inclinación que mantiene dicho techo, haciendo que los paneles se mantengan limpios por si se presentan épocas de lluvia.



Figura 1.12: Panel fotovoltaico al tejado

Fuente: <http://twenergy.com/energia-solar/la-instalacion-de-paneles-solares-en-casa>

1.3.6.3 En el poste

En este caso, hay diferentes tipos de aplicaciones, como podríamos ver en nuestra ciudad se emplea paneles fotovoltaicos en la construcción de carreteras o puentes, donde se aprovecha la energía solar para que esta señalización se encuentre encendida por las noches para evitar cualquier tipo de accidente, además, los podríamos encontrar en las nuevas carreteras de nuestro país donde se aplica para los radares de velocidad. Esta aplicación hoy en día es bastante interesante basado en el enfoque del tránsito en el Ecuador, de modo que se ahorra una gran cantidad de luz eléctrica y que a su vez el consumo de energía natural, hace de este instrumento uno muy importante en la señalética de nuestras avenidas y carreteras que se encuentran en remodelación o repavimentación.



Figura 1.13: Panel fotovoltaico al poste
Fuente: fotografía realizada por Giovanni Sánchez

CAPÍTULO II

El ambiente y la generación eléctrica

2.1.- Generación eléctrica en el Ecuador

Actualmente en el Ecuador se ha visto el crecimiento en la construcción de centrales hidroeléctricas, por la demanda energética que hemos provisionado a lo largo de nuestro país, lo cual ha generado millonarios gastos para la distribución en las redes de energía eléctrica y su distribución. Por ejemplo, en el año 2010, según el CONELEC, la mayor cantidad de energía consumida por el país es generada por centrales hidroeléctricas, sin embargo, aproximadamente un 45% de la energía que usa el país vino de centrales de generación energética no renovable (termoeléctricas) cuyo costo es muy alto y sobre todo nocivo para el ambiente. A diferencia de otros recursos como por ejemplo el uso de energía renovable no llega ni al 1% del uso en el territorio nacional. Esto sin duda es una desventaja para el ecosistema ecuatoriano, ya que estas plantas producen altas toneladas de monóxido de carbono, provenientes de la quema de combustibles en motores estacionarios.

El Estado ecuatoriano, de acuerdo con el CONELEC y el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, estiman que para el año 2020 el uso de energías renovables alcance al menos el 85% del total en la generación. Ya que al usar energía renovable se estaría colaborando al medio ambiente de nuestro país.

Como podemos constatar en el siguiente grafico, se ha hecho un análisis de los últimos diez años en consumo de energía general del Ecuador, sectorizados en estos puntos:

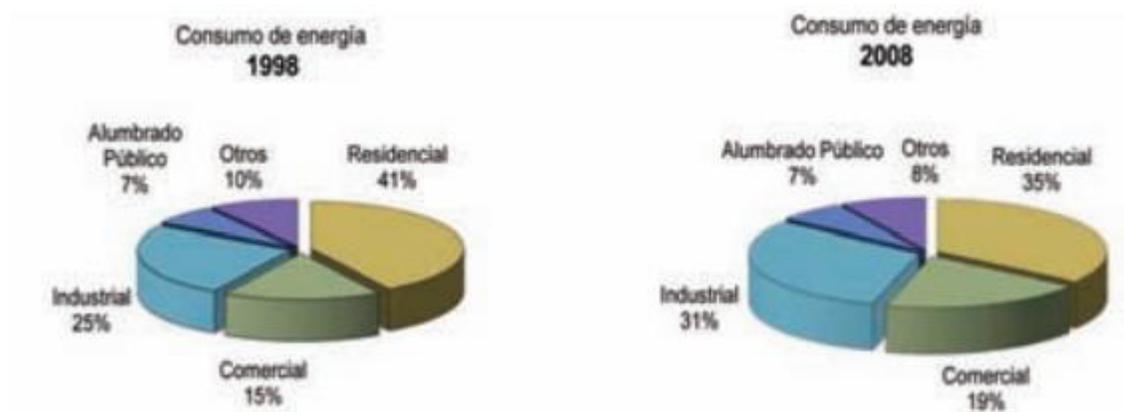


Figura 2.1: Composición del consumo anual energético por sectores

Fuente: Atlas solar Conelec, Ecuador, 2008

Elaborado por: Conelec

2.1.1.- Gases del efecto invernadero en el Ecuador

Los gases de efecto invernadero son aquellos que se encuentran en la atmosfera de manera natural o artificial. De manera natural vendría a ser los gases que están presentes en la atmosfera, aunque también la concentración de esta puede verse modificada por la actividad humana y de manera artificial los que se encuentran en el aire, producto de las industrias.

El sector termoeléctrico es la fuente más importante de gases de efecto invernadero. Los principales gases producidos son el Dióxido de carbono y el

metano, derivados de la quema de combustibles fósiles, así como también el de las minas de carbón y de las instalaciones de gas e hidrocarburos. Los sectores transformadores que producen electricidad, contribuyen al efecto invernadero del 30%.



Fuente: UNEP -GRID-Arendal.

Figura 2.2: Gases de efecto invernadero y calentamiento global
 Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP),
 Destrucción de la capa de ozono y efecto invernadero, Colombia, 2008,
<http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://cambioclimaticoglobal.com>
 Elaborado por: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP)

Adicionalmente, el efecto invernadero es un fenómeno atmosférico que permite al planeta mantener una temperatura agradable al retener parte de la energía que proviene del sol. El ser humano y sus actividades producen grandes cantidades de carbono a la atmosfera, es por eso los cambios en el clima con

consecuencias en el ascenso del nivel del mar, cambios en las precipitaciones, desaparición de bosques, extinción de organismos y problemas para la agricultura.

Tabla # 2.1
Gases de efecto invernadero y su fuente

Gas de Efecto Invernadero	Fuente	Actividad
Dióxido de Carbono (CO₂)	Quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural)	Transporte y generación térmica
	Deforestación	Forestal
	Cambio de uso del suelo	Agricultura
	Quema de bosques	Incendios Forestales
	Transporte y generación térmica	
	Forestal	
	Agricultura	
Incendios Forestales		
Metano (CH₄)	Botaderos de basura	Descomposición de desechos orgánicos
	Excrementos de animales	Ganadera
	Gas natural	Petrolera
	Descomposición de desechos orgánicos	
	Ganadera	
Petrolera		
Oxido Nitroso (N₂O)	Combustión de automóviles	Transporte
	Fertilizantes	Agricultura
	Alimento de ganado	Industrias
	Fertilización nitrogenada	Quema de desechos sólidos
	Estiércol	
	Desechos sólidos	
Carburos Hidrofluorados (HFC) y Carbonos Perfluorados (PFC)	Sistemas de refrigeración	Industria frigorífica
	Industria frigorífica	
Clorofluorocarbonos (CFC)	Sistemas de refrigeración	Sector Industrial
	Plástica	
	Aerosoles	
	Electrónica	
	Sector Industrial	
Hexafluoruro de azufre (SF₆)	Aislante, eléctrico y estabilizante	Sistema interconectado de redes eléctricas
	Interruptores eléctricos (breakers)	Extintores de incendios
	Transformadores	
	Sistema interconectado de redes eléctricas	
	Extintores de incendios	

Fuente: Centro Internacional para la investigación del Fenómeno de Niño
http://www.ciifen-int.org/index.php?option=com_content&view

Elaborado: Centro Internacional para la investigación del Fenómeno de Niño

2.2.- Importancia de la reducción de emisiones contaminantes

Es de gran importancia reconocer que actualmente en el mundo y nuestro país vivimos en un gran aumento de gases contaminantes, ya sea por las industrias y sobre todo por el crecimiento del parque automotriz, lo cual ha generado aumento en las emisiones producidos por motores de combustión, siendo un problema para la salud de las personas, sin embargo, en Quito se han generado centros de revisión vehicular para contrarrestar y controlar los gases emanados por los automotores, de todas maneras, esto no significa una solución para la reducción de la contaminación.

El mayor gas de efecto invernadero y que causa más daño a la atmosfera es el dióxido de carbono. El efecto invernadero ya tiene sus consecuencias a nivel mundial como por ejemplo: sequias, aumento del nivel de los océanos ocasionado por el deshielo en los polos, inviernos prolongados.

La generación fotovoltaica puede contribuir en gran parte a la reducción de emisiones provenientes de la quema de combustibles, para así evitar que se siga deteriorando la atmosfera terrestre.

“Reducir las emisiones de metano aporta muchos beneficios de energía, seguridad, económicos y ambientales. En primer lugar, debido a que el metano es un gas de efecto invernadero potente y tiene una vida atmosférica corta, su reducción puede producir importantes resultados a corto plazo. Además, el metano es el constituyente principal del gas natural. Por lo tanto, la recolección y utilización del metano provee una valiosa

fuentes de energía de combustión limpia que mejoran la calidad de vida en las comunidades locales y pueden generar beneficios económicos. Producir energía a partir del metano recuperado también puede evitar el uso de recursos de mayor emisión de energía, como la madera, el carbón o el petróleo. Esto puede reducir las emisiones de CO₂ provenientes de los usuarios finales y las plantas generadoras de energía, y también las emisiones de otros contaminantes del aire como el dióxido de azufre (uno de los mayores causantes de la lluvia ácida), partículas (una fuente de problemas para la salud) y otros rastros de contaminantes peligrosos en el aire. Capturar el metano de las minas de carbón también puede mejorar las condiciones de seguridad al reducir los riesgos de explosión". (Methane to markets, 2008, p. 1)

2.3.- Energía solar fotovoltaica y el futuro en el Ecuador

La energía solar fotovoltaica es una fuente muy importante para nuestro país, ya que aportaría en gran manera a la reducción de emisiones de gases contaminantes, producidos por la explosión de motores de combustión y que a la vez esta energía renovable ahorrará al país millones de dólares en generación de energía eléctrica.

Según el actual ministro de Electricidad, Esteban Albornoz, entre los beneficios de apostar por las energías renovables, sean estas hidroeléctricas, fotovoltaicas, de biomasa y eólicas, está que para 2016 el Ecuador se va a ahorrar cerca de mil millones de dólares anuales solo en relación al uso de combustibles.

Por otro lado, con el funcionamiento de las diversas variedades de centrales de energías limpias en el país se reducirán las emisiones de CO_2 en cerca de cuatro millones de toneladas.

“La primera central de generación fotovoltaica del país empezó a funcionar en Paragachi, ubicada en Pimampiro, Imbabura, es una central construida por la empresa Valsolar y tiene una capacidad instalada de casi 1 megavatio (MW), que permitirá producir anualmente un promedio de 1 472 megavatios por hora (MWh) de energía limpia. Esta central tiene instalados 4 160 paneles solares para generar electricidad que va directamente a las redes de Emelnorte, empresa eléctrica que sirve a Imbabura y Carchi. Los mismos fueron traídos desde España y tienen un estimado de 30 años de vida útil. La central se instaló en una superficie de dos hectáreas y tiene una inversión de más de \$3,5 millones”. (CONELEC, 2013, s/p).

Al igual que la central de Paragachi, en 2013 y 2014 entraran en funcionamiento un aproximado de 15 centrales fotovoltaicas, así lo recoge el diario Hoy (enero 2013) en su nota Empresarios privados invertirán \$800 millones para producir energías limpias:

“Como esta, otras 15 centrales fotovoltaicas entrarán en funcionamiento entre 2013 y 2014, además de dos centrales que utilizan biomasa para la generación. Todas serán constituidas por empresas privadas que en su totalidad invertirán alrededor de \$800 millones para la generación de

287,7MW de potencia. Aproximadamente, cada megavatio tiene una inversión de entre \$2,5 millones y \$3 millones, según CONELEC.” (s/n)



Figura 2.3: Primera central fotovoltaica Paragachi

Fuente: Conelec, 2013

Elaborado por: Conelec

2.3.1.- Beneficios ambientales de los sistemas fotovoltaicos

Los principales beneficios asociados al uso de las tecnologías de generación eléctrica de energía solar son las siguientes: La energía solar fotovoltaica no emite gases nocivos producidos por la combustión de motores, ni otros gases y partículas contaminantes, que a diferencia de la quema de carbón de piedra, gas natural o petróleo, de los cuales el 45% proviene de la generación eléctrica ecuatoriana.

No presenta riesgos de emisiones radioactivas, a diferencia de la energía generada por fusión nuclear. No reduce el caudal de ríos y arroyos, como lo hacen

las centrales hidroeléctricas, no consumen ni contaminan el agua. Su producción de energía no deja ningún tipo de residuos que puedan afectar al entorno ambiental, el abastecimiento de la fuente primaria que viene a ser el sol, siendo inagotable, no tendría problemas logísticos, ni tampoco agotamiento del recurso.

No produce ningún tipo de ruido y es amigable con el medio ambiente, además que no se requiere ningún tipo de infraestructura considerable para la instalación, evitando algún tipo de impacto ambiental indirecto a la construcción de la misma y a más de que su mantenimiento prácticamente es nulo, solo tendríamos que preocuparnos realizar el trabajo de limpieza para que los paneles fotovoltaicos no estén cubiertos de polvo o cualquier tipo de suciedad, imposibilitando la recepción de la radiación solar al 100%.

Tabla # 2. 2
Ventajas y desventajas en relación al impacto ambiental

Fuente de energía	EÓLICA	GEOTÉRMICA	MINIHIDRÁULICA	SOLAR
VENTAJAS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gratuita 2. Limpia 3. Inagotable 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ahorro de las energías fósiles, allí donde exista 2. Inagotable 3. Menor Impacto que las energías fósiles 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suministra energía cuando hace falta (horas punta, olas de frío o calor) 2. Inagotable 3. Limpia 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gratuita (solo paga la instalación) 2. Inagotable 3. Limpia 4. Elevada calidad energética
INCONVENIENTES	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dispersión 2. Aleatoria 3. Difícil almacenar 4. Aerogeneradores grandes y caros 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicación local 2. No puede transmitirse a grandes distancias 3. La elevada humedad provoca corrosión en las instalaciones 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aleatoria (depende del año hidrológico) 2. Es cara : inversiones en centrales, transporte a través de red a larga distancia. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Llega a la tierra de modo disperso y aleatorio (calidad de la atmósfera) 2. No se puede almacenar ni usar directamente.
IMPACTO AMBIENTAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ruido giro rotor 2. Impacto visual 3. Interfiere transmisiones TV y radio 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requiere mucho terreno 2. Erosión en el suelo, hundimientos e inducción a la actividad sísmica 3. Ruido/gases/Agua 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambios en ecosistemas 2. Pérdida de suelos 3. Variación del caudal río abajo 4. Alteración clima local 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de grandes extensiones de terreno, que son recuperables 2. Impacto visual (subjetivo)

Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=beneficio+ambiental>

Elaborado por: <https://www.google.com.ec/search?q=beneficio+ambiental>

2.3.2.- Precios de la energía renovable y el incentivo del estado ecuatoriano

El Estado ecuatoriano, consiente de los excesivos costos por generación eléctrica, ha planteado una reglamentación para compensar los gastos en la producción de generación eléctrica renovable por costos de Kwh.

REGULACIÓN No. CONELEC – 009/06

Regulación basada en el Art. 63. De la Ley de Régimen del Sector Eléctrico

Menciona:

- El Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas.
- La seguridad energética para el abastecimiento de la electricidad debe considerar la diversificación y participación de las energías renovables no convencionales, a efectos de disminuir la vulnerabilidad y dependencia de generación eléctrica a base de combustibles fósiles.
- Es de fundamental importancia la aplicación de mecanismos que promuevan y garanticen el desarrollo sustentable de las tecnologías renovables no convencionales, considerando que los mayores costos iniciales de inversión, se compensan con los bajos costos variables de producción, lo cual a mediano plazo, incidirá en una reducción de los costos de generación y el consiguiente beneficio a los usuarios finales.

- Como parte de la equidad social, se requiere impulsar el suministro de la energía eléctrica hacia zonas rurales y sistemas aislados, en donde no se dispone de este servicio, con la instalación de centrales renovables no convencionales, distribuyendo los mayores costos que inicialmente estos sistemas demandan entre todos los usuarios del sector.

Se establece en el tercer párrafo que los mayores costos de inversión, se compensan con los bajos costos variables de producción y se expresa en el siguiente cuadro.

Tabla # 2.3
Precios en KW/h

CENTRALES	PRECIO (cUSD/kWh)	
	Territorio Continental	Territorio Insular de Galápagos
EOLICAS	9.39	12.21
FOTOVOLTAICAS	52.04	57.24
BIOMASA Y BIOGAS	9.67	10.64
GEOTERMICAS	9.28	10.21
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS HASTA 5 MW	5.80	6.38
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS MAYORES A 5 MW HASTA 10 MW	5.00	5.50

Fuente: Conelec, 2013

Los precios establecidos en esta Regulación se garantizarán y estarán vigentes por un período de 12 años, a partir de la fecha de emisión, es decir año 2008.

Como se puede apreciar el Estado ecuatoriano ha tratado de mediar en los precios sobre los costos de este servicio, sin embargo, aún no se difunde en su totalidad, para que los habitantes de nuestro país puedan abastecerse de este servicio y mas aun las viviendas aisladas, donde no poseen luz eléctrica.

CAPÍTULO III

Diseño y construcción de la trituradora

3.1.- Componentes de la trituradora ecológica

En el desarrollo de este proyecto se ha visto la necesidad de implementar ciertos componentes, para la correcta recepción de la radiación solar y, sobretodo, para garantizar el correcto funcionamiento de la misma a cualquier hora del día.

Se debe tomar en cuenta la correcta elección y dimensionamiento de cada uno de los componentes para que su marcha o movilidad sea la adecuada, ya que si se elige algún instrumento fuera de los rangos requeridos, se presentarían problemas posteriores, que podría causar daños a cualquier elemento secundario, o a su vez reducir el rendimiento en relación con su funcionalidad.

A continuación presentaremos los siguientes componentes:



Figura 3.1: Esquema de funcionamiento de la trituradora ecológica

Fuente: Fotografía elaborada por Giovanny Sánchez

3.1.1.- Paneles solares fotovoltaicos

Los paneles o módulos fotovoltaicos están conformados por un conjunto de celdas fotovoltaicas que generan electricidad a partir de la luz que incide sobre estos. El parámetro estándar, conocido también como potencia pico, corresponde a la potencia máxima que el modulo puede entregar en condiciones estándares como:

- Radiación de 1000 W/m²
- Temperatura de célula de 25°C (estándar)

La estructura cristalina de un semiconductor depende del número de células y del voltaje de salida. Los paneles pueden tener diferentes tamaños: los más usados están formados de 40 a 80 células conectadas eléctricamente en serie, con una superficie que oscila entre los 0.8 m² a los 2 m². Las células están ensambladas entre un estrato superior de cristal y un estrato inferior de material plástico (Tedlar). De aquí se lo coloca en un horno de alta temperatura, con vacío de alto grado.

El resultado viene a ser un bloque laminado en que las células están sumidas en el material plástico fundido. Luego se añaden los marcos, normalmente de aluminio, gracias a esto se adquiere una resistencia mecánica adecuada y se garantizan muchos años de funcionamiento. En la parte posterior del módulo se colocan los componentes eléctricos y diodos de by-pass.

Cuando la forma de las células es un cuadrado, la superficie del panel será la mínima para un número dado de células, ya que el espacio ocupado entre ellas

es prácticamente nulo. Esto nos permite la construcción de un panel de menor tamaño, lo que abarata en un porcentaje el costo del mismo y a la vez su transporte es más simple. Un panel de poco tamaño al igual por su porte minimiza la carga en un sistema, depende mucho la dimensión, mientras mas grande es, mas capacidad de carga tendrá y que de aquí se deriva los diferentes tipos de consumidores que se les dará en cada caso.

De acuerdo a José María Fernández (2011): “La cantidad de energía producida por un generador fotovoltaico varía en función de la insolación y de la latitud del lugar. Además si la estructura portante del generador es móvil, la energía generada podrá incrementarse sensiblemente”. (Fernández, p. 297)

La producción de energía eléctrica fotovoltaica no es constante puesto que ella depende de la energía solar y por ello esta depende de la luz recabada en el día, además, es dependiente de las condiciones meteorológicas que signifiquen mayor o menor cantidad de luz, además, el generador fotovoltaico proporciona corriente eléctrica continua y este es un factor a tener en cuenta si lo que se pretende es suministrar electricidad a aparatos que consumen en corriente alterna o conectar la instalación fotovoltaica a la red de distribución, es decir, que para cada aplicación se dimensionará el tamaño del generador según su uso, y se tendría que tomar en cuenta lo siguiente:

- Carga eléctrica demanda
- Potencia pico
- Posibilidad de conexión a la red eléctrica

- Latitud del lugar y radiación solar
- Características arquitectónicas del edificio o terreno
- Características eléctricas específicas de la carga

3.1.2.- Regulador de carga

El regulador de carga es el encargado de proteger a la batería o acumuladores frente a sobrecargas y sobre descargas.



Figura 3.2: Regulador de carga

Fuente: palecetrón.com, <http://www.google.com.ec/search?q=regulador+de+carga>

Elaborado por: palecetrón.com

3.1.2.1 Características del regulador de carga

- ✓ El voltaje de desconexión de las cargas de consumo, que es el valor de tensión de la batería por debajo del cual se interrumpe el suministro de electricidad a las cargas de consumo.

- ✓ El voltaje final de carga, que es el valor de la tensión de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico.

3.1.2.2 Propiedades del regulador de carga

- ✓ Las baterías se protegerán contra sobrecargas y sobredescargas. Es decir, estas protecciones serán realizadas por el regulador de carga.
- ✓ Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación se deberá verificar los siguientes requisitos:
 - La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida.
 - La tensión final de carga debe asegurar un factor de recarga de la batería superior al 90%.
 - La tensión final de carga debe corregirse por temperatura a razón de -4 a $-5\text{mV}/^\circ\text{C}$, y estar en un intervalo de $\pm 1\%$ del valor especificado.
 - Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito o para realizar cargas de igualación.
- ✓ Se permitirá el uso de otros reguladores que utilicen diferentes métodos de regulación atendiendo a otros parámetros, como por ejemplo,

el estado de carga del acumulador. En cualquier caso, deberá asegurarse una protección equivalente del acumulador contra sobrecargas y sobredescargas.

✓ Los reguladores de carga estarán protegidos frente a cortocircuitos del acumulador.

✓ El regulador de carga se seleccionara para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultanea a la temperatura ambiente 25°C.

✓ El regulador de carga debe estar protegido contra la posibilidad de operación sin acumulador. Este componente tiene que asegurar su propia protección y la de las cargas conectadas.

✓ Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de generador y acumulador serán inferiores al 4% de la tensión nominal (0.5 V para 12V de tensión nominal).

✓ Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3% del consumo diario de energía. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2009)

Adicionalmente el regulador de carga deberá tener siempre la siguiente información:

- Tensión nominal (V)
- Corriente máxima (A)
- Fabricante (nombre o logotipo) y numero de serie.
- Polaridad de terminales y conexiones.

3.1.3.- Inversor de voltaje

El inversor es un componente que sirve para convertir la corriente continua en corriente alterna. Las características que definen al inversor son:

- ▶ Tensión y frecuencia nominales de salida.
- ▶ Fabricante y número de serie.
- ▶ Polaridad y terminales.

Se debe elegir tomando en cuenta lo siguiente:

- ▶ Máxima potencia que pueda suministrar en energía alterna.
- ▶ Tipo de carga que va a alimentar.
- ▶ Posibilidad del inversor de funcionar también como cargador de baterías.
- ▶ Presupuesto.
- ▶ Condiciones ambientales y almacenamiento del equipo, ya que los inversores son componentes eléctricos muy sensibles a condiciones ambientales. Se debe elegir uno robusto para que pueda aguantar las condiciones climáticas, o su vez protegeremos con algún tipo de recubrimiento.

En ciertas ocasiones donde se trabaja con corriente continua, no se puede hacer coincidir las tensiones que son entregadas por el acumulador o baterías. Para hacer posible esto es necesario el uso de un convertidor de corriente

continua. El inversor de voltaje es el que de una u otra manera engaña al transformador forzando a la corriente continua a actuar como corriente alterna. Esto se logra pasando la corriente a través de dos o más transistores para que realicen el trabajo de cambio de la corriente.

En el uso de componentes, tanto los paneles, como las baterías trabajan con corriente continua, es muy necesaria la intervención de un inversor de voltaje, que transforme esta energía en alterna.

La desventaja del uso de este inversor es que hace más complejo el sistema, además de que consume energía, disminuyendo la eficacia del funcionamiento de dicho proyecto. Pero es proporcional con las ventajas que mantiene, como su voltaje de operación es mucho más alto y esto genera que se puedan usar cables de grueso calibre.

Adicionalmente, se debe usar un variador de frecuencia trifásico sobredimensionado un 25% a la potencia del motor. Este variador será alimentado por lo 220VAC bifásico de salida del inversor. El variador de frecuencia reconoce la ausencia o caída de una fase y la rectifica a trifásica, lo que se logra con esto es reducir significativamente el pico de corriente en el momento del arranque del motor, de modo que las protecciones del inversor por sobre corriente no saltan. Si se usa un motor de 220Vac 1F, el pico de corriente es muy alto y salta la protección eléctrica del inversor provocando que el motor se apague.

3.1.4.- Variador de frecuencia

La función del variador de frecuencia es un componente que se lo puede programar para regular la rampa de arranque al momento del accionamiento del motor, haciendo un arranque rápido o lento, de igual manera la parada, y el sentido de giro. Otra de sus ventajas es que puede variar la velocidad del motor, de acuerdo al uso que se le vaya a dar.

La localización de los variadores es un factor determinante para un funcionamiento correcto y una vida duradera de sus componentes. El inversor debe ser instalado en un ambiente libre de:

- ✓ Exposición directa a rayos solares, lluvia, humedad excesiva o niebla.
- ✓ Gases o líquidos explosivos y/o corrosivos.
- ✓ Vibración excesiva, polvo o partículas metálicas.



Figura 3.3: Variador de frecuencia

Fuente: fotografía elaborada por Giovanni Sánchez

3.1.5.- Motor eléctrico

El motor eléctrico es un elemento que transforma la energía eléctrica en trabajo mecánico, es de inducción con rotor jaula de ardilla para baja tensión.

Para la instalación del motor deben tenerse en cuenta, como mínimo, las siguientes recomendaciones:

- ✓ El motor debe ser instalado de tal manera que el aire de refrigeración pueda circular libremente.
- ✓ La carga debe estar bien balanceada para evitar vibraciones excesivas.
- ✓ En este caso su accionamiento será por correa, debe preverse que el motor sea montado sobre rieles tensores o sobre una base desplazable, para poder ajustar la tensión y re tensarla cuando sea necesario.
- ✓ En ningún caso se debe golpear el eje ni el elemento acoplado, pues puede causar daños en los rodamientos.



Figura 3.4: Motor eléctrico

Fuente: fotografía elaborada por Giovanni Sánchez

3.1.6.- Baterías o acumuladores

Las baterías sirven para acumular la energía que los paneles generan diariamente, y así poderla usar en horas donde la energía consumida es superior a la generada, como sucede en la noche. Este ciclo se podría repetir por un determinado número de veces, este componente vendría a ser también como un generador que no puede funcionar sin que se le haya suministrado electricidad previamente, lo que comúnmente conocemos como el proceso de carga.

El principio de funcionamiento está basado en un proceso químico llamado reducción oxidación, este proceso implica que uno de los componentes se oxida por lo cual este pierde electrones y el otro se reduce, es decir, gana electrones, con ello los dos componentes no se pierden sino cambian de oxidación

En toda instalación aislada es necesario el uso de acumuladores, que en definición es la asociación eléctrica de baterías. La batería es una fuente de tensión continua formada por un conjunto de vasos electroquímicos interconectados.

Características que se tomaran en cuenta con respecto a la batería:

- Su tensión de operación.
- El auto descarga, es decir la pérdida de carga de la batería cuando esta permanece en circuito abierto. Habitualmente se expresa como porcentaje de la capacidad nominal, medida durante un mes y a una temperatura promedio de 25°C.

- La capacidad nominal, que es la cantidad de carga que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20°C.
- La capacidad útil, definida como la capacidad disponible o utilizable de la batería.
- Es estado de carga, definido como el cociente entre la capacidad de una batería, en general, parcialmente descargada, y su capacidad nominal.
- La profundidad de descarga. Se define como el cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal. Se va a expresar en porcentaje %.
- El régimen de carga o descarga. Es el parámetro que relaciona la capacidad nominal de la batería y el valor de la corriente a la cual se realiza la carga. Se expresa normalmente en horas.

En las instalaciones fotovoltaicas se verían involucradas un conjunto de baterías que irían conectadas en serie o paralelo para almacenar la energía que se genera por las horas de radiación del sol y para su posterior uso en los días de baja intensidad luminosa. La garantía del funcionamiento dependerá también del sistema de acumulación o baterías.

La capacidad de un acumulador se lo medirá en amperios hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga, por ejemplo: una batería de 130Ah podría suministrar 130A en una hora o 13A en diez horas. En lo que se refiere a acumuladores fotovoltaicos es común ver tiempos de descarga de 100 horas.

A continuación sus ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Bajo costo
- Fácil fabricación

Desventajas:

- No admiten descargas y sobrecargas profundas, pudiendo disminuir su vida útil.
- Altamente contaminantes
- Peso excesivo, por estar compuesta principalmente por plomo.

Las baterías selladas de plomo son especiales, ya que el electrolito está retenido en un gel (baterías de gel) o el electrolito está absorbido en fibra de vidrio o en una fibra polimérica.

Las principales ventajas de estas baterías son:

- Mayor tolerancia a la temperatura.
- Poca generación de hidrógeno.
- No hay necesidad de reponer el electrolito.
- Posibilidad de montarlas en horizontal.

Las desventajas:

- Precio elevado.
- Vida más corta.

- Baja resistencia a al sobrecarga.
- Ciclado diario muy poco profundo.

El acumulador que será usado en dicho proyecto que tiene aplicación solar se le debe exigir el cumplimiento de unas condiciones básicas, como son:

- ✓ Aceptar todas las corrientes de carga que suministre el panel solar.
- ✓ Mantenimiento nulo o mínimo.
- ✓ Fácil transporte e instalación.
- ✓ Baja autodescarga.
- ✓ Rendimiento elevado.
- ✓ Larga vida.

3.1.6.1.- Tipos de baterías

Existen diferentes tipos de baterías estas son: baterías de níquel, cadmio, plomo entre otras.

Las baterías de plomo ácido son más conocidas y utilizadas, además, que son las más usadas para aplicaciones solares, adaptándose a cualquier corriente de carga, teniendo un precio razonable.

3.1.6.2.- Características de las baterías

Las baterías para el uso de sistemas fotovoltaicos casi siempre son de ciclo profundo, lo que quiere decir que podrían descargar la energía almacenada durante horas, antes de que esta requiera recargarse nuevamente. Se diferencia de las baterías de los automóviles ya que estas descargan gran cantidad de energía al momento del arranque, que vendría a ser una descarga superficial, ya que se vuelve a cargar nuevamente, por ejemplo: una batería de automóvil abastece 100A durante 2 segundos y una batería fotovoltaica 2A durante 100 horas.

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico depende de los consumidores que vaya a consumir, así también como el ambiente climático y la radiación solar, para que la carga de las baterías sean las óptimas para el funcionamiento correcto del proyecto.

3.1.6.3.- Mantenimiento y vida útil

Hoy en día podemos contar con diferentes tipos de baterías en el mercado, ya sea algunas que requieren mantenimiento cada cierto tiempo, introduciendo agua destilada o electrolito para que su vida útil se alargue, pero hay otras donde el mantenimiento es libre y no necesitan ningún tipo de sustancia extra.

Generalmente la vida útil de una batería va de entre los 3 a los 5 años, pero esto va de la mano si el mantenimiento ha sido el adecuado y se le ha dado la suficiente atención a la batería para que su utilidad sea duradera, además es de mucha importancia no permitir que la batería se descargue completamente, ya que esto va a reducir significativamente su vida útil, es por eso al momento de dimensionar la batería es recomendable escogerla para que no se descargue en al menos un 20% diario.

3.1.7.- El cableado

En las instalaciones fotovoltaicas debe evitarse la excesiva longitud del cableado, ya que en los conductores eléctricos, de cobre, por lo que se transporta la energía, se producen pérdidas debido a la resistencia que oponen al paso de la corriente; por lo que los módulos, el regulador, las baterías y el inversor, deben instalarse lo mas cerca posible.

Para los cables de cobre (resistividad = $0.01724 \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$ a 20°C) y con tensiones nominales de 12 V, el cálculo de la sección del conductor, a fin de evitar esos efectos, se hará aplicando la siguiente formula:

$$s = (3,448 * L * I) / (\Delta V(\%) * VAB)$$

Donde:

S = sección del conductor en mm^2

L = longitud del cable entre dos puntos A y B, en m.

I = Intensidad de corriente, en A.

ΔV = caída de tensión, en %.

V_{AB} = tensión de trabajo entre los puntos A y B, en V.

Entonces, las mínimas secciones de los cables en cada una de las líneas deben ser:

- 2.5 mm² del generador FV al regulador de carga.
- 4 mm² del regulador de carga a las baterías.

La resistencia eléctrica de un material conductor esta dada por lo la fórmula:

$$r = \frac{\rho * L}{A}$$

Donde:

r: Valor de resisitividad lineal (W.m), dependerá del conductor y temperatura de trabajo.

L: Longitud del conductor (m)

A: Área de la sección (m²)

Tabla # 3.1
Uso de cables con respecto a la longitud

SECCIÓN DE LOS CABLES A UTILIZAR EN FUNCIÓN DE LONGITUD										
LONGITUD EN METROS	1	5	10	15	20	25	30	35	40	METROS
ARMADO A 12 V.	SECCIÓN	4	10	10	16	16	25	25	35	mm ²
ARMADO A 24 V.	SECCIÓN	25	4	6	10	10	10	16	16	mm ²

Fuente: recopilación de información realizada por Giovanni Sánchez
Elaborado por: el autor

La expresión anterior indica que para un dado material conductor y temperatura (r constante), si el valor del área A permanece constante, el valor de la resistencia aumenta con su longitud. Ahora se podría deducir que si r y L permanecen fijos, la resistencia del conductor se reduce si el área de su sección aumenta. Cuando el área del conductor aumenta, también lo hace su diámetro.

Entonces para una longitud determinada, un aumento en el diámetro significa una menor caída de voltaje en el cable, pero un mayor costo (mas volumen por unidad de longitud). Esto implica que en el diseño del cableado se deben tener en cuenta las caídas de tensión que producirán los conductores, debido a la resistencia de los mismos.

Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte DC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, a los valores especificados a continuación:

- Caídas de tensión máxima entre generador y regulador/inversor: 3%

- Caídas de tensión máxima entre regulador y batería: 1%
- Caídas de tensión máxima entre inversor y batería: 1%
- Caídas de tensión máxima entre regulador e inversor: 1%
- Caídas de tensión máxima entre inversor/regulador y cargas: 3%

Se incluirá toda la longitud de cables necesaria (parte continua y/o alterna) para cada aplicación, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación.

Se marcará los cables con diferentes colores, ya sea para polaridad negativa y positiva. Los cables que irán al exterior serán protegidos contra la intemperie.



Figura 3.5: Cable eléctrico

Fuente: Eurofil, cables de instrumentación y control
<http://www.eurofilindustrial.com/pS/mid!10524/ModelD!1/3494/default.aspx>
Elaborado por: Eurofil

3.1.8.- Rodillos de triturado

Los rodillos son de gran importancia en la parte mecánica del proyecto, ya que estos elementos son los encargados de moler el papel, y que ciertamente estarán en movimiento por el motor trifásico, de manera que podamos regular la velocidad para que el proceso de triturado de papel sea rápido o lento a la vez. Cabe mencionar que los rodillos que usaremos, fueron extraídos de una maquina trituradora de papel normal, ya que son de acero inoxidable y de material robusto.



Figura 3.6: Rodillos de trituración

Fuente: fotografía elaborada por Giovanni Sánchez

3.2.- Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico

También se le llama dimensionamiento a un conjunto de detalles, como procesos o cálculos que nos servirán para determinar el correcto funcionamiento de la activación de dicho motor provisionado de energía de origen solar, para lograr un balance de cargas y evitar las caídas de tensión, la elección correcta de cada

componente y además de los lugares estratégicos donde podremos obtener la correcta radiación y el ángulo de inclinación perfecto que necesitara nuestro sistema.

3.2.1 Cálculo de la potencia del motor y selección

El primer dato a través de pruebas experimentales de corte con papel en la maquina, para que exista un triturado de calidad, necesita la cortadora un torque de entrada de 1.84 N.m y una velocidad de 1490 rpm. Adicional cabe recalcar que lo idea para el trabajo de trituración esta en un rango de entre cinco a siete hojas de papel A4, tomando en cuenta que si introduzco demasiado papel no trabajaría bien y hasta podría trabarse.

Esquema:

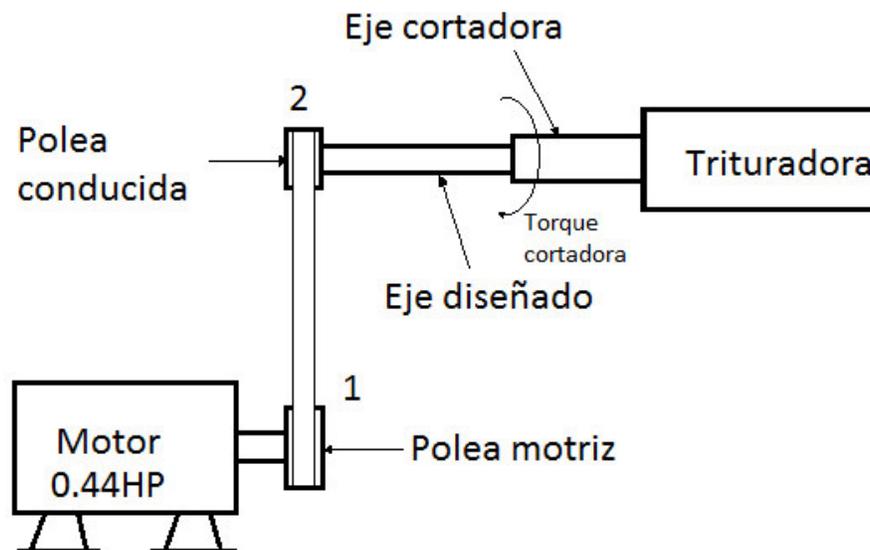


Figura 3.7: Esquema de funcionamiento mecánico

Fuente: Fotografía elaborada por Giovanni Sánchez

Conclusión; para un buen trabajo del sistema, deberíamos tener un torque de $T_c=1.84 \text{ N.m}$ y $N_c=1490\text{rpm}$

Donde:

P_c = Potencia de la cortadora

T_c = Torque de la cortadora

N_c = Velocidad de la cortadora

Remplazando datos tenemos:

$$P_c = T_c * N_c$$

$$P_c = 1.84 \text{ N.m (1490 rpm)}$$

$$P_c = 0.39 \text{ HP}$$

Potencia real (Pr)

- Pérdidas eléctricas por corrientes parasitas (P_e)

$$P_e = P_c (1.5\%)$$

$$P_e = 0.39 (0.015)$$

$$P_e = 0.006 \text{ HP}$$

- Pérdidas mecánicas internas del motor (P_i)

$$P_i = P_c (5\%)$$

$$P_i = 0.39 (0.05)$$

$$P_i = 0.020 \text{ HP}$$

- Pérdidas mecánicas externas del motor (P_{ext})

$$P_{\text{ext}} = P_c (4\%)$$

$$P_{\text{ext}} = 0.39 (0.04)$$

$$P_{\text{ext}} = 0.016 \text{ HP}$$

Potencia total del motor (P_t)

$$P_T = P_c + P_e + P_i + P_{\text{ext}}$$

$$P_T = (0.39 + 0.06 + 0.020 + 0.016) \text{ HP}$$

$$\mathbf{P_T = 0.43 \text{ HP}}$$

Conclusion:

La potencia necesaria para mover nuestro sistema es de 0.43HP a 1490 rpm. En el mercado encontramos un motor de 0.5HP y 1530 rpm, que satisface las necesidades de trabajo.

3.2.2 Cálculo y selección del número de paneles fotovoltaicos

Para el cálculo del número de paneles solares fotovoltaicos y la potencia necesaria, partiremos principalmente por las características del motor que vamos a generar el movimiento, y donde va a ir incluido además componentes muy importantes tales como el inversor y el variador de frecuencia. Además de esto se dimensionara el sistema, ya que la confiabilidad del funcionamiento nunca va a ser del 100%.

En el siguiente cálculo tenemos:

En las especificaciones técnicas refleja al motor de 0.5hp con una potencia nominal de 373watt, la eficiencia del variador de frecuencia será del 95.5% y la eficiencia del inversor es del 95%.

Motor 0.5HP = 373Watt

Motor 0.5hp = (Potencia nominal)/(%variador de frecuencia * %inversor)

Donde: **Efi1= 95%**

Efi2= 95.5%

Motor 0.5hp = 373Watt/(0.95 * 0.955)

Motor 0.5hp = 411.13 Watt

Entonces la potencia requerida de alimentación será de 411.13Watt. Se selecciona por lo tanto, un panel fotovoltaico de 400Watt o a su vez dos paneles fotovoltaicos de 180Watt disponibles en el mercado.

3.2.3 Cálculo y selección del número de baterías de almacenamiento

Para la correcta elección del número de baterías se ha tomado como referencia la cantidad de amperios-hora y la eficiencia de la batería, según nos muestra el fabricante. Es importante hacer mención que las baterías nunca deben bajar en descarga menos del 55%, ya que reduciría la vida útil de la misma.

A continuación se realizara el cálculo del tamaño y número de las baterías de almacenamiento:

$$\text{Tamaño batería} = ((\text{Aut} * \text{Ed}))/((\text{Rend} * \text{Desc}))$$

Donde:

Aut: días sin luz solar

Ed: 0.2772 KWh/día

Rend: Eficiencia de la batería (85%)

Desc: Descarga de la batería (55%)

$$\text{Tamaño batería} = ((2 * 0.2772))/((0.85 * 0.55))$$

Tamaño batería = 1.1859 Kwh \approx 1185.88 Wh

Entonces:

$$N. \text{ de baterías} = \text{Tamaño} / ((Ah * V)) = 1185.88Wh / (48(Ah) * 12(V)) = 2.058$$

N. de baterías = 2

Por lo tanto, usaremos para este proyecto dos baterías marca Bosch 42 Estándar, de 10 placas, conectadas en serie.

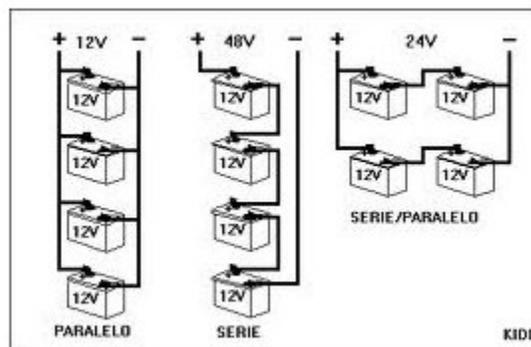


Figura 3.8: Grafico de los tipos de conexiones

Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://www.tecnicsuport.com>

Elaborado por: tecnicsuport.com

3.2.4 Selección del regulador de carga

Este componente se lo incluye con la finalidad de no causar sobre cargas a las baterías, y a la vez para evitar que se sobre descarguen, reduciendo en consecuencia la vida útil de estos elementos. Este regulador debe estar dimensionado en base al voltaje del generador fotovoltaico.

Por lo tanto se ha dimensionado un regulador marca **PHOCOS CML 24V a 5A.**

3.2.5 Selección del inversor

El inversor es un componente que va a consumir energía en el momento de la operación, por lo que la eficiencia general va a disminuir en cierto porcentaje y que además va a generar una caída de tensión antes de llegar a accionar el motor, es por eso que se implementará un variador de frecuencia entre el inversor y el motor para contrarrestar este inconveniente.

Es muy importante conocer el factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0.95, entre el 25 y el 100% de la potencia nominal.

El inversor garantizará el movimiento del motor trifásico de 0.5hp, sometido a carga, en las cuales las características son las siguientes:

Voltaje de entrada: 24VCD

Voltaje de salida: 230VAC

Frecuencia: 60Hz

Potencia: 3000Watt

Se hace la selección de un inversor marca **MUST EP-3000**.

Se debe tomar en cuenta que los valores de eficiencia al 25 y 100% de la potencia de salida nominal deberá ser superiores al 85 y 88% respectivamente, para inversores de potencia inferior a 5 kW, como es en la aplicación de dicho proyecto que es de 3 kW, que por disponibilidad en el mercado se hace la adquisición de este componente y estará proyectado hasta para abarcar tres motores de las mismas características.

3.2.6 Selección del variador de frecuencia

Este elemento es muy fundamental en el desarrollo de este proyecto, ya que este variador nos permitirá regular la velocidad de salida y por ende la velocidad de los rodillos de trituración que son muy importantes para moler el papel, a mas que podemos programar la rampa de arranque para así poder hacer la parada mas rápida o mas lenta y a la vez.

A continuación tenemos una tabla con los distintos tipos de variadores, y tomando en cuenta las características del motor elegimos el modelo: **WEG CFW-10**.

Tabla # 3.2

Tipos de variadores de frecuencia existentes en el mercado

WEG CFW-11

Potencia: 2 hasta 600 HP

Tensión: 380-480 V

WEG CFW -10

Potencia: 0,25 hasta 3 Hp

Tensión de entrada: 100-127 V y 200-240V

WEG CFW-09

Potencia: 1,5 hasta 1500 HP.

Tensión: 220-230 V, 380-480 V

WEG CFW-08

Potencia: 0,25 hasta 20 Hp

Tensión: 200-240 V, 380-480 V

WEG CFW- 700

220-240VcaT 6 hasta 211A (1,5 hasta 75HP)

380-480VcaT 3,6 hasta 211A (2 hasta 175HP)

Fuente: Recopilación de información realizada por Giovanni Sánchez

Modelo: CFW-10

Frecuencia entrada: 50/60Hz

Voltaje de entrada: 220 VAC

OUTPUT/salida: 1.6A 0-300Hz

POTENCIA: 0.25 hasta 3HP

3.3.- Instalación y consideraciones del sistema solar fotovoltaico

En este capítulo se hará mención de las normas de seguridad para evitar cualquier daño personal al momento de la instalación y conexión de los componentes de la trituradora, así también como recomendaciones generales y el uso adecuado de cada herramienta que se vaya a utilizar para el ensamblado total.

3.3.1.- Recomendaciones de seguridad

Es de gran importancia el uso adecuado de herramientas y equipos de seguridad para su desarrollo, cabe recalcar que se usara suelda eléctrica y es muy necesario el uso de los siguientes elementos para el proceso de soldadura:

- ✓ Pantalla de protección
- ✓ Caretas y protección ocular
- ✓ Guantes de cuero
- ✓ Delantal de cuero
- ✓ Polainas de cuero con apertura rápida (pantalones por encima)
- ✓ Protección de los pies de carácter aislante
- ✓ Casco con careta protectora

3.3.2.- La soldadura y tipo de suelda a emplearse

La soldadura esta relacionada hoy en día con casi todas las aplicaciones en las actividades industriales. Es un proceso de unir dos metales, generalmente metales o termoplásticos usualmente logrado a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas, fundiendo las dos a la vez y pudiendo agregar un material extra de relleno fundido, que al enfriarse se convierte en una unión fija.

“Muchas fuentes de energía diferentes pueden ser usadas para la soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico, un láser, un rayo de electrones, procesos de fricción o ultrasonido. La energía necesaria para formar la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico. La energía para soldaduras de fusión o termoplásticos generalmente proviene del contacto directo con una herramienta o un gas caliente”. (Rowe, Jeffus, 2008).

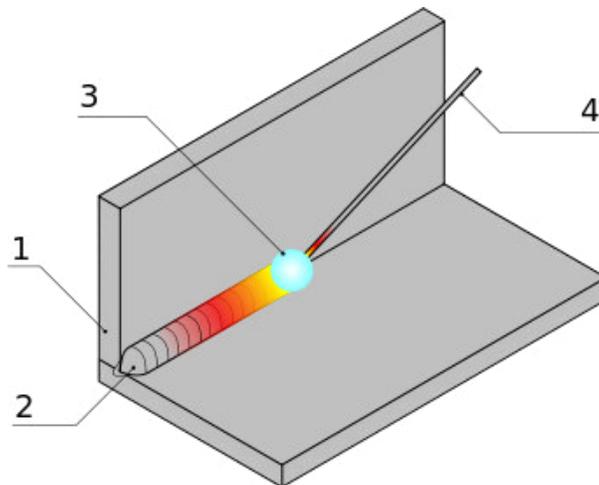


Figura 3.9: Principio general de soldadura

Fuente: Principio general de soldadura, 2012,
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Principe_general_soudage.svg
Elaborado por: Wikipedia.org

1. Metal base
2. Cordón de soldadura
3. Fuente de energía
4. Metal de aportación

3.3.3.- Instrumentos, equipos y materiales a emplearse

Tabla # 3.3
Equipos y accesorios

Ítem	Numero	Denominación	Descripción
1	2	Panel fotovoltaico	Marca Zytech zt, 12V, 30W
2	1	Inversor	Marca Must 3KW, 24VDC, 230VAC
3	1	Regulador de carga	Phocos Cml, 24V, 5A
4	1	Motor eléctrico	Marca Siemens, 0.5hp, 1800rpm
5	1	Variador de frecuencia	Marca WEG, HP:1, AMP:4, 220V
6	2	Batería	Marca Bosch 12V,48Ah
7	4	Cablerio	mm2
8	1	Armazón	Acero
9	2	Soporte paneles	Aluminio

Fuente: información recopilada por Giovanni Sánchez

Tabla # 3.4
Herramientas utilizadas

ITEM	Descripción
1	Soldadora
2	Pulidora
3	Soplete
4	Compresor
5	Pintura
6	Nivel
7	Cepillo metálico
8	Arco de sierra
9	Flexómetro
10	Escuadra
11	Rayador
12	Punto
13	Tapones
14	Antiparras
15	Alicate
16	Martillo
17	Taladro
18	Lima

Fuente: información recopilada por Giovanni Sánchez

Tabla # 3.5
Materiales a utilizar

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	2	Libras de electrodo 6013
2	2	Brocas 3/16
3	2	Brocas ¼
4	1	Disco desbaste
5	1	Sierra
6	1	Juego garruchas
7	2	Correas 60*2 (6m)
8	1	Angulo de 1*2.8 (6m)
9	1	Canal 50*2 (6m)
10	4	Pernos ¼*1
11	4	Rodelas de presión

Fuente: Información recopilada por Giovanni Sánchez

3.3.4.- Etapas de construcción, ensamblado y conexión

En las etapas de la construcción se va a mencionar cada paso a realizarse en el momento del ensamblado y conexión del sistema fotovoltaico. El objetivo de este capítulo es enumerar paso a paso los avances que se van realizando, para hacer posible este proyecto. En la siguiente tabla enumeraremos los pasos a seguir:

Tabla # 3.6
Etapas de construcción e instalación

ETAPA I	Denominación (Parte mecánica)
A	Instalación de estructuras portantes
B	Fijación generadores fotovoltaicos
C	Anclaje del inversor
D	Anclaje del motor
E	Anclaje de las baterías
F	Fijación del variador de frecuencia
G	Fijación del regulador de carga
ETAPA II	Denominación (Parte eléctrica)
H	Conexión entre equipos
I	Conexión de las baterías en serie
J	Conexión de los paneles fotovoltaicos
K	Conexión a tablero de control
ETAPA III	Denominación (Parte demostrativa)
L	Pruebas de funcionamiento

Fuente: Información recopilada por Giovanni Sánchez

3.3.4.1.- Estructura fija

La estructura y/o armazón que vamos a emplear es de acero galvanizado de perfil en C, como se muestra en la figura 3.10, además realizaremos el cálculo del tipo de perfil que usaremos, el peso y la carga en cada punto.

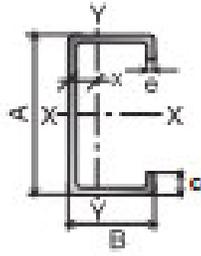


Figura 3.10: Perfil en C
Fuente: Catalogo de tubos y perfiles DIPAC

Donde:

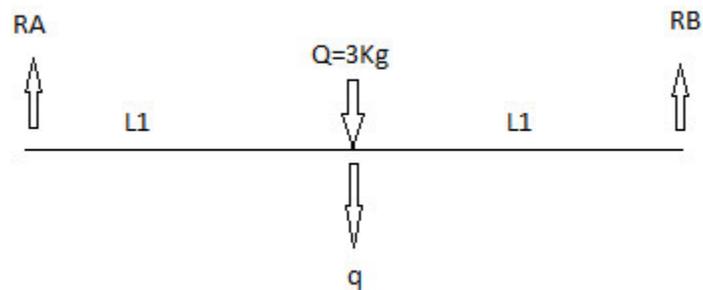
$$A = 60\text{mm}$$

$$B = 30\text{mm}$$

$$C = 10\text{mm}$$

$$e = 1.5\text{mm}$$

Sección 1



$$\Sigma MA = 0$$

$$(Q + q) * L1 - RB * 2L1 = 0$$

$$R_B = \frac{Q + q * L_1}{2L_1}$$

$$R_B = \frac{3\text{Kg} + 1.5\text{Kg} * 480\text{mm}}{2(480\text{mm})}$$

$$R_B = 2.25\text{Kg}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_A - (Q + q) + R_B = 0$$

$$R_A = (Q+q) - R_B$$

$$R_A = (3\text{Kg} + 1.5\text{Kg}) - 2.25\text{Kg}$$

$$R_A = 2.25\text{Kg}$$

$$0.96 * 4 = LT$$

$$LT * 1.53 = 5.88 \text{ kg / m} = q$$

$$A:3.6 = S_{mat.} * KSI = 36 \text{ Klb/plg}^2$$

$$S_{mat.} = \frac{M_{max}}{W} \leq \frac{S_{mat}}{F.S}$$

$$S_{mat.} = \frac{M_{Max}}{W} \leq \frac{36 \text{ KSI}}{4} \leq 9 \text{ KSI}$$

$$W = \frac{M_{Max}}{9 \text{ KSI}}$$

$$W = 4.66 \text{ cm}^3$$

Diagrama de fuerzas cortantes

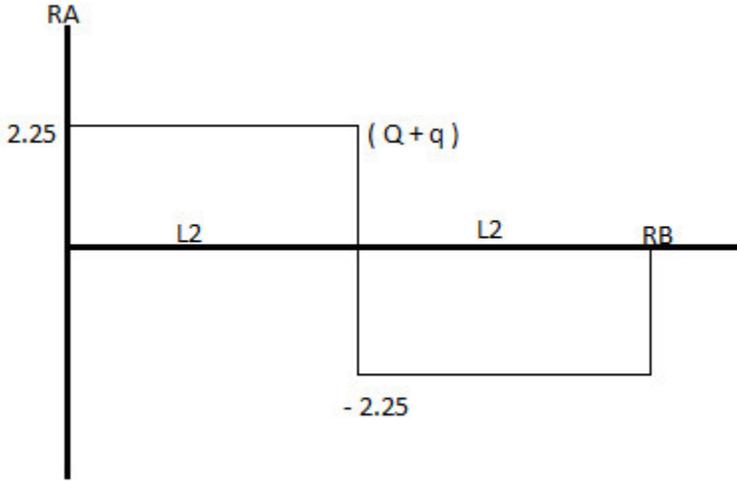
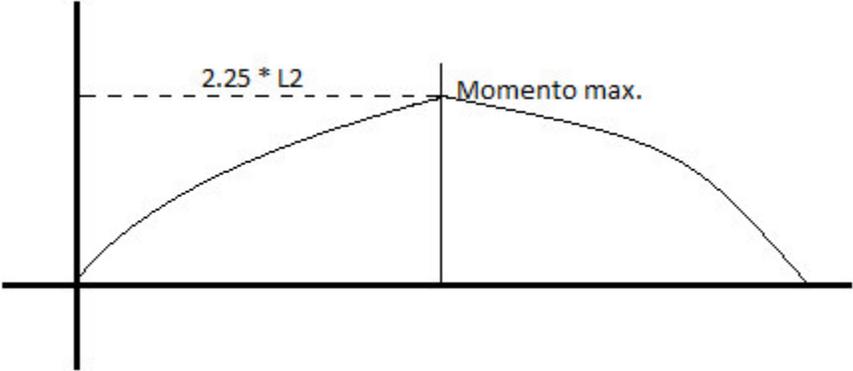
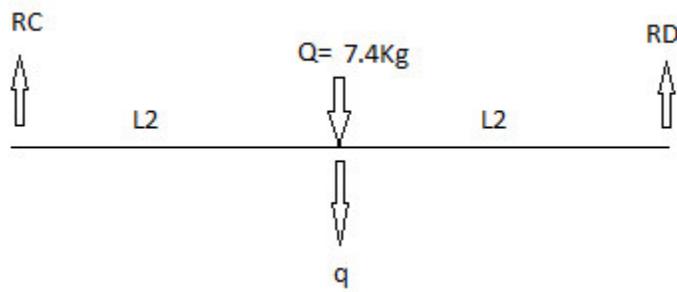


Diagrama de momentos flectores



Sección 2



$$\Sigma MC = 0$$

$$(Q + q) * L2 - RD * 2L2 = 0$$

$$RD = \frac{Q + q * L2}{2L2}$$

$$RD = \frac{7.4\text{Kg} + 3.7\text{Kg} * 285\text{mm}}{2(285\text{mm})}$$

$$RD = 10.84\text{Kg}$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$RC - (Q + q) + RD = 0$$

$$RC = (Q+q) - RD$$

$$RC = (7.4\text{Kg} + 3.7\text{Kg}) - 10.84\text{Kg}$$

$$RC = 0.26\text{Kg}$$

$$0.570 * 4 = LT$$

$$LT * 1.53 = 3.488 \text{ Kg/m} = q$$

$$A:3.6 = S_{mat.} * KSI = 36 \text{ Klb/plg}^2$$

$$S_{mat.} = \frac{M_{max}}{W} \leq \frac{S_{mat}}{F.S}$$

$$S_{mat.} = \frac{M_{Max}}{W} \leq \frac{36 \text{ KSI}}{4} \leq 9 \text{ KSI}$$

$$w = \frac{M_{Max}}{9 \text{ KSI}}$$

$$W = 4.66 \text{ cm}^3$$

Diagrama de fuerzas cortantes

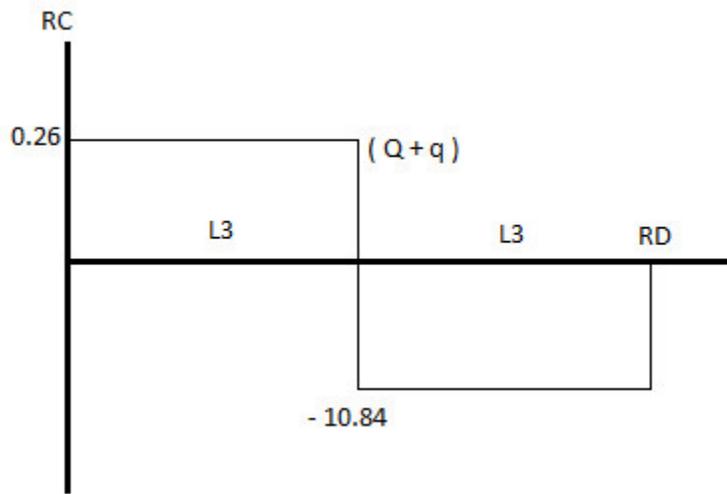
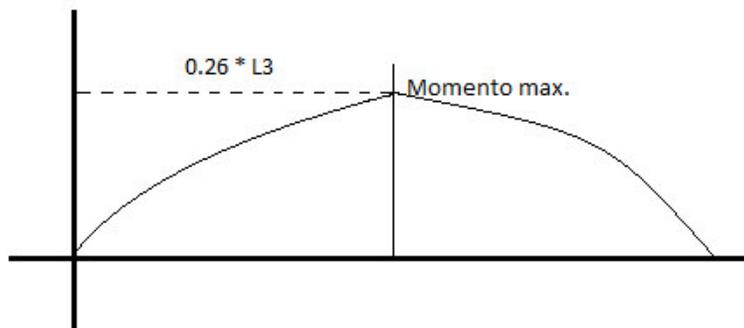
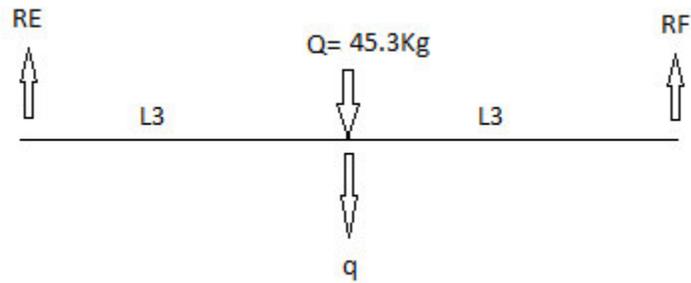


Diagrama de momentos flectores



Sección 3



$$\Sigma ME = 0$$

$$(Q + q) * L3 - RF * 2L3 = 0$$

$$RF = \frac{Q + q * L3}{2L3}$$

$$RF = \frac{45.3\text{Kg} + 22.65\text{Kg} * 900\text{mm}}{2(900\text{mm})}$$

$$RF = 33.98\text{Kg}$$

$$\Sigma y = 0$$

$$RE - (Q + q) + RF = 0$$

$$RE = (Q+q) - RF$$

$$RE = (45.3\text{Kg} + 22.5\text{Kg}) - 33.98\text{Kg}$$

$$RE = 33.97\text{Kg}$$

$$LT = 0.900 * 4$$

$$LT * 1.53 = 5.508 \text{ Kg / m} = q$$

Diagrama de fuerzas cortantes

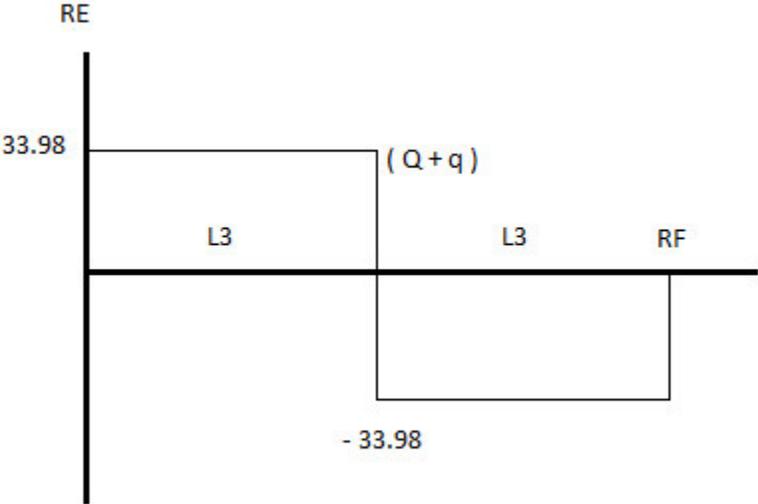
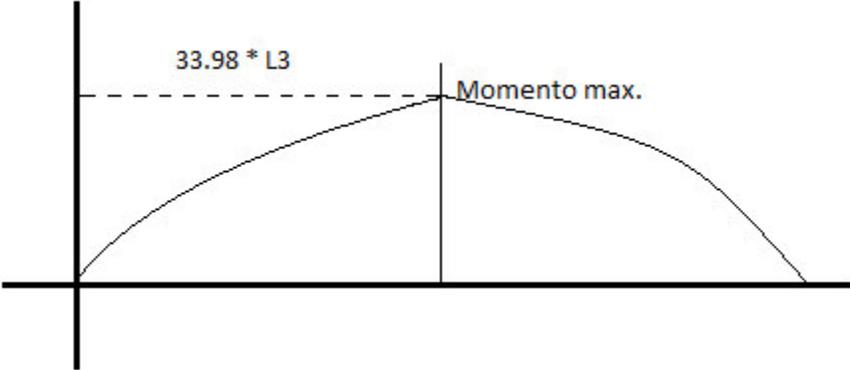
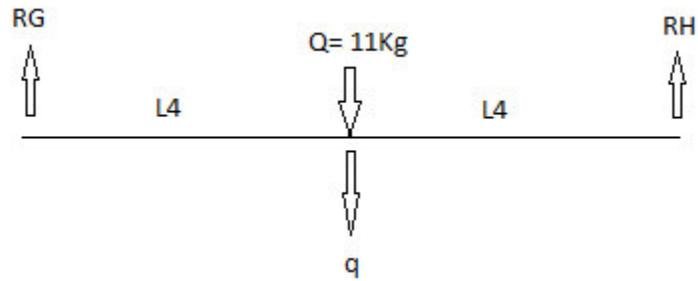


Diagrama de momentos flectores



Sección 4



$$\Sigma MG = 0$$

$$(Q + q) * L4 - RH * 2L4 = 0$$

$$RH = \frac{Q + q * L4}{2L4}$$

$$RH = \frac{11Kg + 5.5Kg * 540mm}{2(540mm)}$$

$$RH = 8.25Kg$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$RG - (Q + q) + RH = 0$$

$$RG = (Q+q) - RH$$

$$RG = (11Kg + 5.5Kg) - 8.25Kg$$

$$RG = 8.25Kg$$

$$LT = 0.540 * 4$$

$$LT * 1.53 = 3.305 Kg / m = q$$

Diagrama de fuerzas cortantes

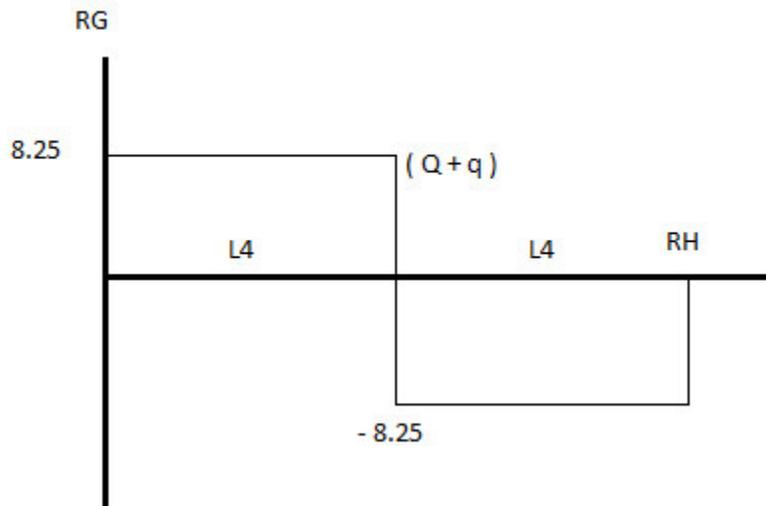
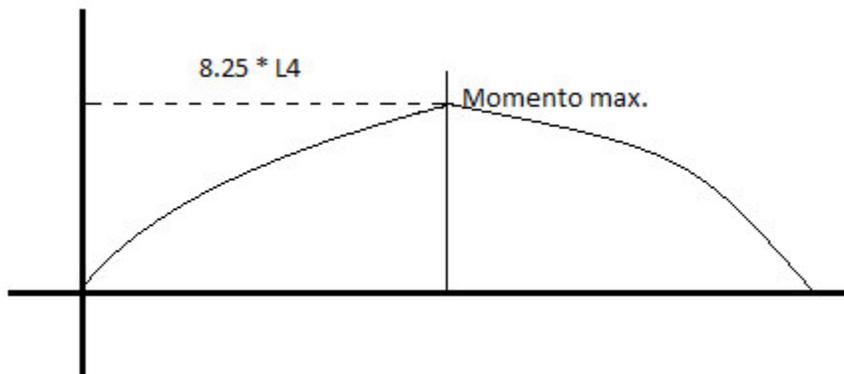


Diagrama de momentos flectores



Después de realizar los respectivos cálculos de fuerzas y resistencia de material, se obtuvo q se hará el uso de un perfil en C de 60x30x10x2, de acero galvanizado, que estará en la capacidad de soportar en carga muerta = 43.603 Kg y carga viva = 77.800 Kg, que en su sumatoria, su carga total será = 121.403 Kg.

En la figura 3.11 podemos apreciar que luego de haber cortado todas las juntas a las medidas requeridas, procedemos a unir con puntos, para posteriormente realizar los cordones o sueldas en todos los ángulos y uniones.

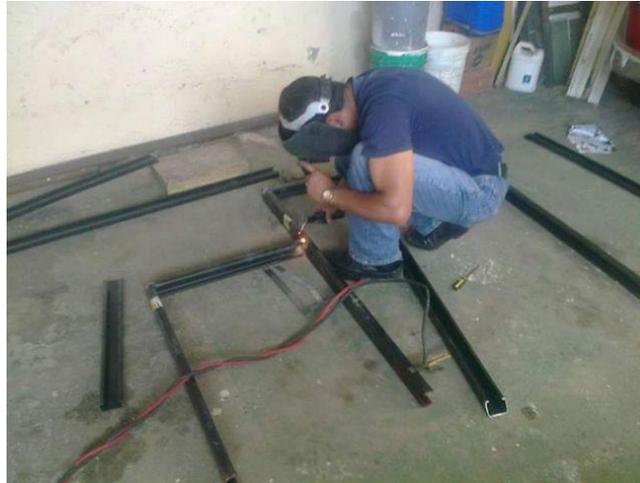


Figura 3.11: Unión de juntas

Fuente: Fotografía elaborada por Giovanni Sánchez

El siguiente paso es con el ensamblado total de la estructura fija para el alojamiento de los componentes, en la figura 3.12, se puede ver que la estructura esta practicamente armada, se limpia y pule los lugares de suelda para que no exista ningun tipo de arista viva, lo que significaria un peligro para el operario, y por ultimo se verifica medidas finales.



Figura 3.12: Ensamble de estructura fija

Fuente: fotografía elaborada por Giovanni Sánchez

Finalmente se instalan las garruchas o ruedas para la movilidad de todo el conjunto fotovoltaico, simplemente se sueldan en los cuatro extremos dichas ruedas para el fácil manejo y transporte del proyecto, y como ultimo paso se procede a dar un recubrimiento de pintura esmalte color negro para su estética, como se ve en la figura 3.13.



Figura 3.13: Estructura fija finalizada

Fuente: fotografía elaborada por Giovanni Sánchez

Una vez terminada la estructura portante, procedemos a realizar la instalación de los paneles fotovoltaicos, para esto usaremos bases de aluminio, de modo que como no son tan pesados los paneles, estos soportaran tranquilamente su liviana carga, como se mira en la figura 3.14.



Figura 3.14: Instalación de paneles fotovoltaicos sobre estructura
 Fuente: fotografía elaborada por Giovanni Sánchez

3.3.4.2.- Diseño del eje de transmisión y selección del material

Diagrama de cuerpo libre

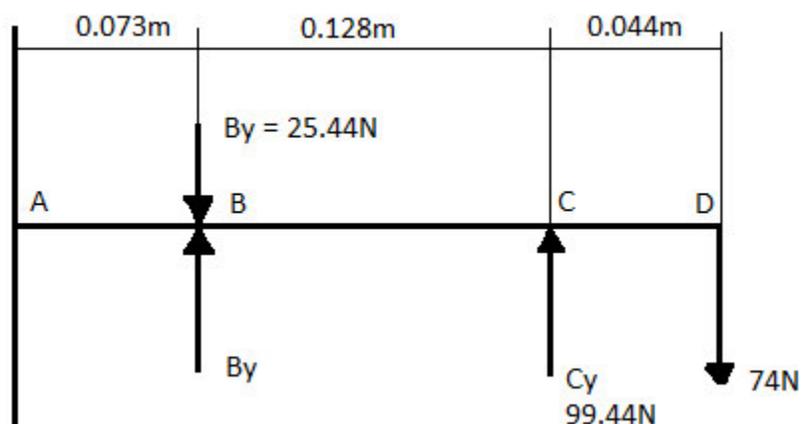


Diagrama de fuerzas cortantes

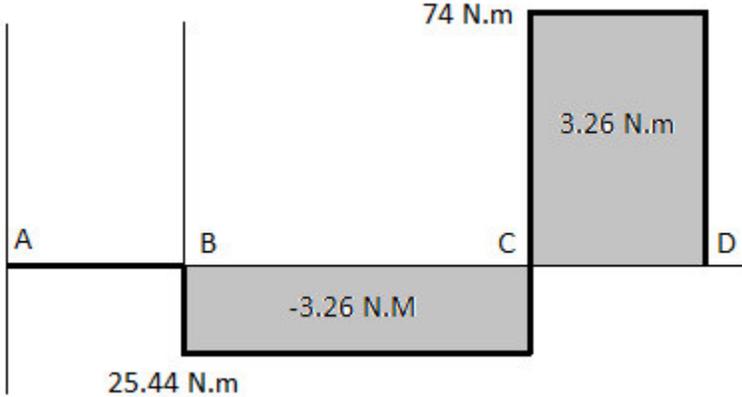


Diagrama de momentos flectores

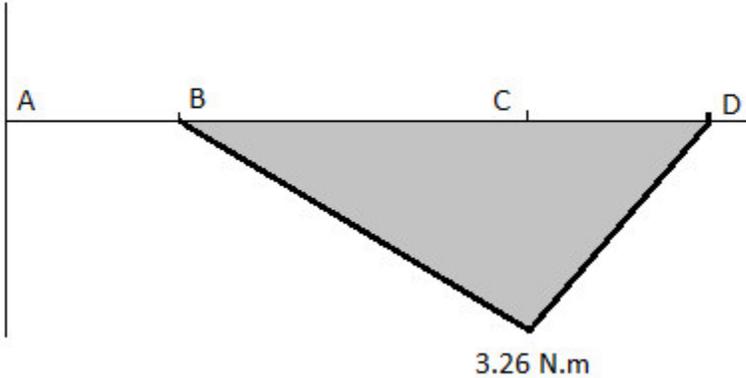


Diagrama de fuerzas torsionales



Entonces:

$$\Sigma MB = 0$$

$$- C_y (0.128) + 74 (0.172) = 0$$

$$C_y = \frac{74(0.172)}{0.128}$$

$$C_y = 99.44 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$B_y + 99.44 - 74 = 0$$

$$B_y = - 25.44$$

- Punto crítico en C

$$M_c = 3.26 \text{ N.m}$$

$$T_c = 1.65 \text{ N.m}$$

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$$

Donde:

Te = Momento torsionante equivalente

M = Momento flexionante en C

T = Torsor en C

$$T_e = \sqrt{3.26^2 + 1.65^2}$$

$$T_e = 3.65 \text{ N.m}$$

$$M_e = \frac{1}{2}(3.26 + 3.65)$$

$$M_e = 3.45 \text{ N.m}$$

$$2 \text{ Max} = \frac{2T_e}{\pi \cdot r^3}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{2 T_e}{2 \text{ max}(\pi)}}$$

Donde:

2 max = Esfuerzo cortante máximo

Te = Momento torsional equivalente

r = Radio de la flecha

$$r = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 3.65 \text{ N.m} \cdot \text{m}^3 \cdot 1 \text{KN}}{7400 \text{KN}(1000 \text{N})(\pi)}}$$

$$r = 0.0068 \text{ m}$$

$$d = 0.0139 \text{ m}$$

$$\mathbf{d = 13.9 \text{ mm}}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{4Me}{\pi(r^3)}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{4Me}{\sigma_{\max}(\pi)}}$$

Donde:

σ_{\max} = Esfuerzo flexionante máximo

Me = Momento flector equivalente

r = 0.0129

d = 12.90 mm.

Por lo tanto, escogemos el eje de mayor diámetro calculado y que existe en el mercado que es de: **d = 14 mm**.

El material se considera de **acero ST-37**

3.3.4.3.- Tablero de mando

Al instalar el tablero de mando, buscaremos la manera de ganar estética en la maqueta y que sea de fácil uso para el operario al momento de manipular los diferentes controles para la activación del sistema.

El tablero es muy importante, ya que de aquí podremos controlar lo siguiente:

- ✓ Encendido general del sistema

- ✓ Seleccionar el tipo de energía a usar, como por ejemplo la solar y sistema de emergencia (energía alterna).
- ✓ Sentido de giro del motor, horario y anti horario.
- ✓ Activación del variador de frecuencia.
- ✓ Activación del motor trifásico.

Además dentro de la caja de control, se encontrará el regulador de carga, donde podremos observar la carga de la batería y si el sistema se esta alimentando de la radiación solar, así también vamos a poder medir voltajes de entrada por medio de paneles solares y carga de baterías. Adicionalmente se realizo el esquema como se aprecia en la figura 3.13, con dos líneas la una solar y la otra línea de emergencia o corriente continua, pero esta ultima solo se la usara en casos muy extremos.

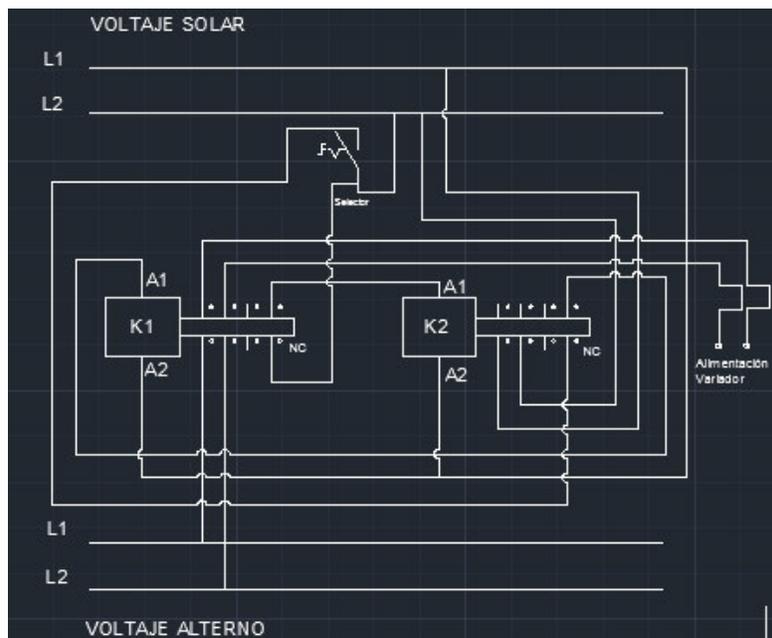


Figura 3.15: Circuito eléctrico tablero de mando

Fuente: fotografía elaborada por Giovanni Sánchez



Figura 3.16: Tablero y mandos de control
 Fuente: fotografía elaborada por Giovanni Sánchez

Para lo que se refiere a la conexión del variador de frecuencia, siendo muy importante para el control del motor tenemos la figura 3.15:

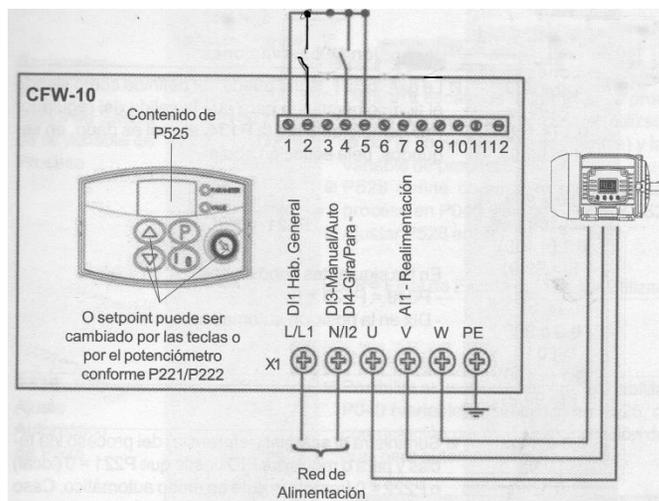


Figura 3.17: Diagrama conexión del variador al motor eléctrico
 Fuente: fotografía elaborada por Giovanni Sánchez

3.3.4.4.- Anclaje de conexiones

Es de gran importancia estar provistos de borneras que se encuentren en buen estado, en lo posible deben ser nuevas, ya que esto nos garantizara el correcto contacto al momento de energizar los equipos, además el empate de los cables que van al regulador de energía, batería e inversor, en el que de aquí derivan a otros componentes como el regulador de frecuencia y motor, que deberán estar correctamente asegurados.



Figura 3.18: Anclaje de conexiones al inversor

Fuente: fotografía elaborada por Giovanni Sánchez

3.3.5.- Estructura del panel fotovoltaico

La estructura soporte será la encargada de mantener a los módulos en la intemperie. El diseño de la estructura se realizara para la orientación y el ángulo de inclinación adecuados para que los paneles reciepan la radiación necesaria.

Los módulos se deberán encontrar bien ubicados para maximizar la generación de energía eléctrica, es de gran importancia mencionar que este proyecto tendrá su estructura móvil, por lo cual la mayoría de tiempo se encuentren en una posición óptima para que la irradiación recibida sea máxima.

3.3.5.1.- Orientación, inclinación y sombras

Las pérdidas de radiación causadas por una orientación e inclinación del generador distintas a las óptimas, y por sombreado, en el periodo de diseño, no serán superiores a los valores especificados en la siguiente tabla:

Tabla # 3.7
Valores de pérdida de radiación

Perdida de radiación del generador	Valor máximo permitido (%)
Inclinación y orientación	20
Sombras	10
Combinación de ambas	20

Fuente: información recopilada por Giovanni Sánchez

El cálculo de las pérdidas de radiación causadas por una inclinación y orientación del generador distinto a las óptimas se hará de acuerdo a la siguiente metodología:

- a) El ángulo de inclinación β , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales.
- b) El ángulo de acimut α , es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y +90° para módulos orientados al oeste.

Como nuestro proyecto será un generador móvil, lo ideal sería ubicar los paneles a 10°, pero tomando en cuenta cambios climáticos y lluvias se lo ubicara a 30°, con la finalidad de que los paneles se limpien solos y que la suciedad pueda desplazarse libremente.



Figura 3.19: Angulo de inclinación del modulo

Fuente: Gormaz Isidoro, Técnicas y procesos en las instalaciones singulares en los edificios, España, 2007.

Elaborado por: Gormaz Isidoro

3.3.5.2.- Factores para la instalación del panel fotovoltaico

Es importante recalcar que mientras mas perpendicular se encuentre ubicado el panel fotovoltaico será mucho mejor, ya que recepta de mejor manera la radiación solar. Como norma general los módulos fotovoltaicos deben orientarse: hacia el sur si la instalación se encuentra en el hemisferio norte, y si se ubica en el hemisferio sur habrá que orientarlo hacia el norte. Nuestra ciudad de Quito se encuentra a una latitud de $78^{\circ}29'06''W$ y una longitud $00^{\circ}28'24''N$.

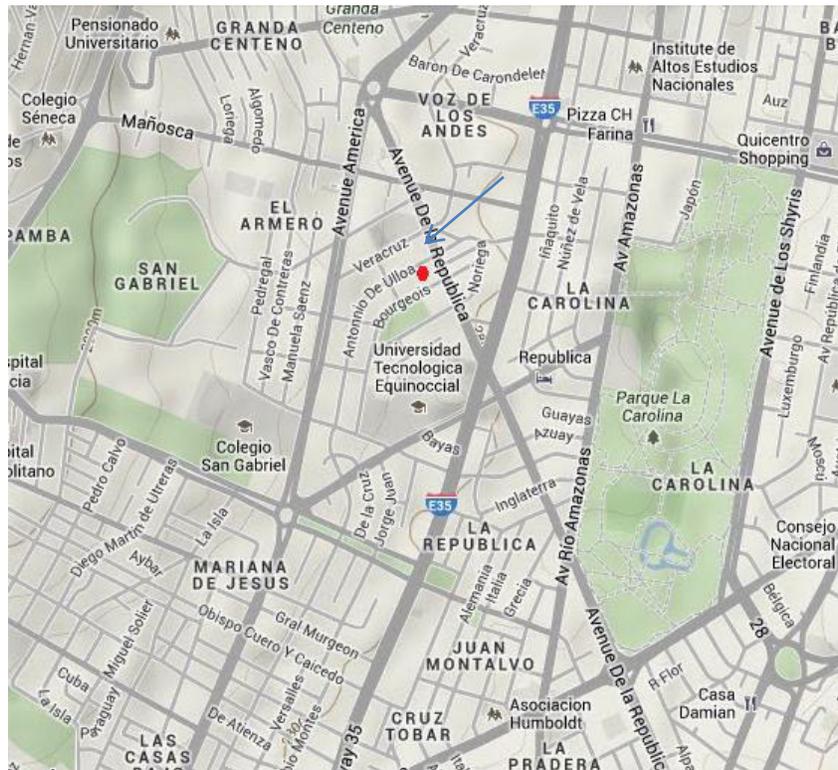


Figura 3.20: Ubicación del proyecto

Fuente: google maps
Elaborado por: google maps

3.3.6.- Pruebas de funcionamiento

En esta parte del desarrollo del proyecto se han tomado varios datos en el transcurso de 5 días, lo cual nos servirá para verificar de mejor manera las cargas que obtenemos en el transcurso del día, a continuación se elaboraron las siguientes tablas:

Lunes, 13 de Enero/2014

Cielo parcialmente soleado

Tabla # 3.8
Valores tomados 13/2014

CARGA DE BATERIAS			
HORA	CON ENERGIA SOLAR	SIN ENERGIA SOLAR	P(W)
	V(V)	V(V)	
10:00	24,00v	23,90v	60w
10:30	23,95v	23,85v	60w
11:00	23,90v	23,85v	60w
11:30	23,90v	23,60v	60w
12:00	23,95v	23,70v	60w
12:30	23,95v	23,50v	60w
13:00	23,90v	23,30v	60w
PROMEDIO	23,94v	23,67V	60w

Fuente: información recopilada por Giovanni Sánchez

Martes, 14 de Enero/2014

Cielo parcialmente soleado

Tabla # 3.9
Valores tomados 14/2014

CARGA DE BATERIAS			
HORA	CON ENERGIA SOLAR	SIN ENERGIA SOLAR	P(W)
	V(V)	V(V)	
10:00	24,00v	23,90v	60w
10:30	23,90v	23,89v	60w
11:00	23,80v	23,85v	60w
11:30	23,90v	23,80v	60w
12:00	23,95v	23,65v	60w
12:30	23,95v	23,69v	60w
13:00	23,80v	23,54v	60w
PROMEDIO	23,90v	23,76V	60w

Fuente: información recopilada por Giovanni Sánchez

Miércoles, 15 de Enero/2014

Cielo parcialmente soleado

Tabla # 3.10
Valores tomados 15/2014

CARGA DE BATERIAS			
HORA	CON ENERGIA SOLAR	SIN ENERGIA SOLAR	P(W)
	V(V)	V(V)	
10:00	24,00v	24,00v	60w
10:30	23,99v	23,90v	60w
11:00	23,80v	23,90v	60w
11:30	23,90v	23,80v	60w
12:00	23,90v	23,78v	60w
12:30	23,80v	23,75v	60w
13:00	23,89v	23,30v	60w
PROMEDIO	23,89v	23,78V	60w

Fuente: información recopilada por Giovanni Sánchez

Jueves, 16 de Enero/2014

Cielo mayormente nublado

Tabla # 3.11
Valores tomados 16/2014

CARGA DE BATERIAS			
HORA	CON ENERGIA SOLAR	SIN ENERGIA SOLAR	P(W)
	V(V)	V(V)	
17:30	23,90v	23,90v	60w
17:45	23,90v	23,85v	60w
18:00	23,90v	23,85v	60w
18:15	23,65v	23,15v	60w
18:30	23,50v	23,00v	60w
18:45	22,99v	22,60v	60w
19:00	22,70v	22,10v	60w
PROMEDIO	23,51v	23,21V	60w

Fuente: información recopilada por Giovanni Sánchez

Viernes, 17 de Enero/2014

Cielo mayormente nublado

Tabla # 3.12
Valores tomados 17/2014

CARGA DE BATERIAS			
HORA	CON ENERGIA SOLAR	SIN ENERGIA SOLAR	P(W)
	V(V)	V(V)	
17:30	23,90v	23,85v	60w
17:45	23,85v	23,80v	60w
18:00	23,80v	23,75v	60w
18:15	23,60v	23,55v	60w
18:30	23,40v	23,30v	60w
18:45	23,10v	23,05v	60w
19:00	22,99v	22,80v	60w

PROMEDIO	23,52v	23,44V	60w
----------	--------	--------	-----

Fuente: información recopilada por Giovanni Sánchez

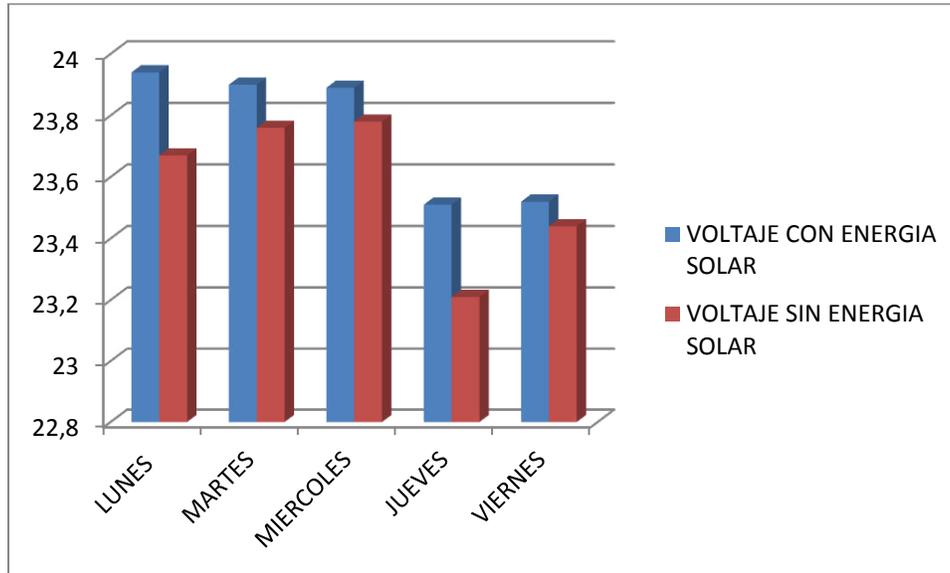


Figura 3.21: Grafico de perdida de voltaje sin energía solar

Fuente: Información recopilada por Giovanni Sánchez

OBSERVACIONES:

Como podemos apreciar en el cuadro de resultados, realizado en una semana, podemos comprobar que la carga de baterías no disminuye en gran porcentaje, y que con luz solar y sin ella, su capacidad de trabajo es excelente, y que no decae por debajo de los 22 voltios que es lo que queríamos demostrar, pero lo que si se comprobó es la lenta descarga de las baterías que si bien es cierto al no tener carga solar se irán agotando poco a poco, pero constatamos que la descarga no es rápida sino muy lenta como se puede apreciar en los cuadros 3.11 y 3.12. Al

hacer este tipo de prueba hemos comprobado que tenemos aproximadamente unas dos horas de autonomía en carga de baterías, para operar en la noche y con respecto al día, no tendremos ningún inconveniente ya que normalmente se recargaran los acumuladores por medio de los paneles.

CONCLUSIONES

- El uso y la implementación de fuentes inagotables, en este caso la aplicación de sistemas fotovoltaicos es una buena opción para la generación eléctrica en nuestro país, ya que es un sistema amigable con el ambiente natural al no producir emisiones de gases contaminantes tanto para el ecosistema y para los habitantes.
- Actualmente en nuestro país no se conoce bien a lo que se refiere un sistema fotovoltaico, ciertamente el valor económico que representa la adquisición de este sistema es un poco alto, por lo tanto la población se ve alarmada y por ende no se arriesga a comprar este equipo y prefiere pagar mensualmente como se ha hecho siempre, pero lo que no se ve, es que a la final es un solo gasto al principio y no habrá mas gastos de generación ni mantenimiento por muchos años.
- Hay que tener en cuenta que el rendimiento máximo de los paneles fotovoltaicos será al medio día, donde la radiación solar será captada por los paneles al 100%, en el resto de horas la captación variara en cierto porcentaje, pero sin embargo es interesante saber que estos paneles fotovoltaicos no solo cargaran las baterías por medio del sol sino también con la claridad del día, obviamente no siendo tan bueno el rendimiento de carga.
- Se implementará un sistema de apoyo o de emergencia en el caso de que las baterías se encuentran totalmente descargadas y no tengan el voltaje necesario para activar el inversor, se tomara la corriente de 220 AC,

directamente de la línea eléctrica normal, para que podamos accionar la trituradora, pero estrictamente en un caso muy extremo accionaremos por este medio.

- Al momento de accionar el sistema, modificaremos la rampa de arranque, esto se lo hace para que las baterías no sufran una descarga rápida y a la vez para que el sentido de giro sea mas rápido, por ejemplo cuando el papel se encuentre remordido, aplicaremos el modo reversa para extraer el papel.
- Se puede comprobar que las baterías no se descargan al momento de accionamiento del motor, sin embargo el inversor que se adquirió nos resulto bastante útil en el desarrollo de las pruebas, ya que este componente a mas de convertir la corriente, es también un cargador de baterías, por lo cual tenemos un excelente voltaje de trabajo.
- En el desarrollo de el proyecto se hizo el cálculo para determinar el número de paneles solares, lo que nos resulto 400 Watt de potencia en paneles fotovoltaicos, lo cual nos significa un precio excesivo relacionado con el presupuesto para la construcción, por lo tanto se hizo el uso de 2 paneles fotovoltaicos que en voltaje de salida nos da 24 VDC, conectados a la batería, donde demostramos que es mas que suficiente el uso de dichos paneles para cargar sin ningún inconveniente a las dos baterías.
- Es muy importante el uso del variador de frecuencia de modo que este componente nos sirve para regular la velocidad del motor, así también para el sentido de giro, además de la programación y la modificación de la rampa

de arranque y el tiempo de parado ya sea rápido o lento, según la aplicación.

- Podemos concluir que después de los cálculos correspondientes y la selección de cada componente para el funcionamiento de nuestro sistema, se eligieron dichos elementos acorde a los mas cercanos a los resultados obtenidos y por supuesto que existan actualmente en el mercado.

RECOMENDACIONES

- El gobierno debería incentivar a la ciudadanía a hacer uso de este tipo de fuente de energía, que si bien es cierto tiene una larga vida útil y ayudara a disminuir la contaminación y abaratar costos de generación eléctrica a nivel nacional.
- Es recomendable para el desarrollo de este proyecto y cualquier otro, que al momento de la conexión eléctrica se elija cables para señalar la polaridad positivo y negativo, a mas que nos ayudara para que no existan confusiones al momento del ensamble, a mas de la correcta fijación y anclaje de conexiones.
- Hay que tener en cuenta, siempre desconectar la alimentación general antes de tocar cualquier componente eléctrico asociado al convertidor. Muchos componentes pueden permanecer cargados con altas tensiones, mismo después que la entrada de alimentación es desconectada o apagada, lo recomendable seria esperar al menos 10 minutos para poder manipular cualquier componente.
- Es muy importante mantener siempre a nuestra vista la ubicación de los paneles fotovoltaicos, ya sean en cualquier posición que se encuentre, para realizar cualquier tipo de reparación o de remplazo cuando estos se encuentren deteriorados ya sea causado por cualquier agente externo, además se recomienda limpiarlos por lo menos una vez por semana.

- Se debe tener mucho cuidado con los componentes eléctricos, tales como inversor, variador, motor, ya que no deben estar expuestos a la intemperie, donde podría tener contacto con agua, polvo, etc. siempre es muy importante cubrirlos para así poder evitar cualquier tipo de daños o cortocircuitos entre estos equipos.
- Sería muy útil que se invierta en la capacitación sobre instalaciones y aprovechamiento de energías renovables, para que las futuras generaciones puedan hacer uso de este tipo de energía, ya que lamentablemente en el país y en nuestra ciudad de Quito los distribuidores de este tipo de componentes solares son muy pocos y la población conoce muy poco a cerca de estos generadores de energía.
- Para el ensamble total sería necesario que primero se obtenga los componentes eléctricos y al último el dimensionamiento de la estructura, para de aquí partir con las dimensiones correctas y el desperdicio de material, en este caso sobredimensionamos mucho la estructura, de modo que resulto muy grande la maqueta en sí.
- Se recomienda para los trabajos en suelda, usar el equipo adecuado de protección personal para que se pueda evitar cualquier quemadura o daños en la vista.
- Es recomendable no forzar mucho los engranajes de la trituradora, ya que si aumentamos la carga mecánica demasiado, es decir si queremos triturar muchos a la vez, se puede correr el riesgo de que los engranajes de transmisión para mover los rodillos de trituración se puedan romper.

- Es demasiado importante conocer bien el funcionamiento y conexión del variador de frecuencia, ya que si por error se hace una mala conexión se podrían quemar los diodos internos, que dañarían completamente este aparato eléctrico, es por eso muy recomendable se hagan las conexiones correctas para evitar cualquier tipo de daño.

ANEXOS