



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS PARA EL
SERVICIO ELÉCTRICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE
QUITO, Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial.

Autor:

Macías Andrade Rayd Jair

Tutor:

Ing. Joel Segura D'Rouville

QUITO-ECUADOR

2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS PARA EL SERVICIO ELÉCTRICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE QUITO, Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA” presentado por Rayd Macías Andrade, para optar por el Título de Ingeniero Industrial

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito,..... del 2018

.....
(Ing. Joel Segura D'Rouville)

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Rayd Jair Macías Andrade, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS PARA EL SERVICIO ELÉCTRICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE QUITO, Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito a los 23 días del mes de julio de 2018, firmo conforme:

Autor: Macías Andrade Rayd Jair

Firma:

Número de Cédula: 1727276014

Dirección: Pichincha, Quito, El Condado, Cotocollao.

Correo Electrónico: rayd1@htmail.es

Teléfono: 0990012642

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito,..... del 2018

.....

Rayd Jair Macías Andrade

C.I. 1727276014

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS PARA EL SERVICIO ELÉCTRICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE QUITO, Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito,.....del 2018

.....

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

VOCAL 1

.....

VOCAL 2

DEDICATORIA

Con un cariño especial dedico el presente trabajo de investigación, a todas las personas que creyeron en mí y estuvieron ahí en tiempos difíciles, familia, amigos que me hicieron sentir como en casa, a los Ingenieros de la UTI que me supieron brindar sus conocimientos de la mejor manera, para así poder llegar a cumplir mis objetivos planteados desde que inicie mis estudios en tan prestigiosa universidad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por estar siempre apoyándome en cada uno de mis pasos, en especial a mi madre por ser esa persona que creyó en mi cuando otros no lo hicieron, al Ing. Joel Segura por darme la motivación de seguir adelante en dicho proyecto de alternativas energéticas, gracias a esta ayuda brindada se pudo culminar el mismo, a la Ingeniera Ana Álvarez por estar siempre pendiente y alentándome para que siga adelante con el trabajo. A la Universidad Tecnológica Indoamérica y a todo su personal que en estos 5 años me han hecho sentir como en mi segundo hogar.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
EL PROBLEMA	3
TEMA DE INVESTIGACIÓN	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
Contextualización	3

Macro.....	3
Meso	5
Micro	7
Árbol de Problemas	9
Análisis crítico.....	10
Antecedentes	11
JUSTIFICACIÓN.....	21
OBJETIVOS.....	22
Objetivo General	22
Objetivos Específicos	22
CAPÍTULO II.....	23
METODOLOGÍA	23
Líneas de investigación	23
Dominio.....	23
Campo	24
Área	24
Aspectos	24
Delimitación Espacial.....	24
Delimitación temporal	24
Enfoque	25
Justificación de la metodología	25

Diseño del Trabajo: Operacionalización de Variables	26
Población y Muestra.....	28
CAPÍTULO III	29
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL	29
ALUMBRADO PÚBLICO GENERAL	30
DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS.....	30
Energía eólica.....	30
Energía geotérmica.....	34
Energía de la biomasa.....	40
Energía fotovoltaica	46
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS.....	50
Matriz de priorización	50
RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	59
CÁLCULOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	62
Casa clase media	63
Energía total a generar.....	64
Energía extra.....	65
Energía proporcionada por un panel solar.....	66
Cálculo del número de paneles.....	67
Número de paneles en serie.....	67

Número de paneles en paralelo	68
Configuración de paneles solares	69
Datos del arreglo	69
Dimensionamiento del regulador de carga	70
Dimensionamiento del inversor.....	71
Cálculo de baterías	72
Número de baterías total.....	73
Número de baterías en serie	73
Número de baterías en paralelo	74
Configuración de baterías.....	74
Máxima corriente de carga y descarga de las baterías	75
Corriente máxima de carga.....	75
Corriente máxima de descarga	75
Dimensionamiento de cables.....	76
Sistema de Paneles fotovoltaicos	76
Regulador de carga.....	77
Banco de baterías.....	78
Tasa de retorno energético del sistema fotovoltaico	79
Energy Payback Time (EPBT)	84
SELECCIÓN DE ELEMENTOS COMERCIALES.....	85
Panel solar 250 W 12 v.....	85

CONTROLADOR DE CARGA	86
Regulador de 200 A y 24 V	86
Batería 12 V 220 A.....	88
Inversor 2000 VA 24 V	89
Resumen de Panel Fotovoltaico	91
Batería	93
Inversor.....	95
Regulador	96
CAPÍTULO IV	97
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	97
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	97
Resumen del Sistema Fotovoltaico	97
Resumen de costos	98
Resumen de Costos de la Energía	98
ANÁLISIS FINANCIERO.....	100
Financiamiento de la inversión.....	104
IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS	107
Energía eólica.....	107
Energía geotérmica.....	108
Energía de la biomasa.....	109
Energía fotovoltaica	110

Reducción de gases de efecto invernadero.....	111
Protección ambiental	111
Emisiones que se reducen.....	112
CONTRASTE CON OTRAS INVESTIGACIONES	112
CAPÍTULO V	114
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES	117
REFERENCIAS	118
ANEXOS.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 La producción de Energía Eléctrica en el Ecuador	6
Tabla 2 Operacionalización de la variable Dependiente	26
Tabla 3 Operacionalización de la variable Independiente.....	27
Tabla 4 Costos para la Implementación de un parque eólico.....	32
Tabla 5 Implementación de una estación geotérmica	37
Tabla 6 Costos de la implementación de una planta de biomasa	42
Tabla 7 Costos de la implementación de una planta fotovoltaica	48
Tabla 8 Alternativas Energéticas.....	51
Tabla 9 Criterios a evaluar	52
Tabla 10 Escala para calificar los criterios.....	53
Tabla 11 Criterios de priorización.....	54
Tabla 12 Comparación por criterio de ubicación geográfica	55
Tabla 13 Comparación por criterio Tecnología y Ciencia	56
Tabla 14 Comparación criterio Aspectos del Centro Histórico	57
Tabla 15 Comparación de alternativas con el criterio de Precio	58
Tabla 16 Resultados alternativas y criterios.....	59
Tabla 17 Comparación de ponderaciones de las alternativas.....	61
Tabla 18 Consumo diario de la vivienda.....	63
Tabla 19 Eficiencia de energías.....	82
Tabla 20 Comparación de energías	83

Tabla 21 Tipo de paneles fotovoltaicos.....	85
Tabla 22 Tipos de reguladores de carga para un sistema fotovoltaico.....	87
Tabla 23 Tipos de baterías para sistemas fotovoltaicos	88
Tabla 24 Tipos de Inversores usados en sistemas fotovoltaicos	90
Tabla 25 Resumen del panel fotovoltaico	91
Tabla 26 Características de la Batería	93
Tabla 27 Conexiones de las baterías	94
Tabla 28 Características del inversor	95
Tabla 29 Características del regulador	96
Tabla 30 Costos del sistema fotovoltaico.....	98
Tabla 31 Precios de generación del Kw/h	99
Tabla 32 Resumen de Consumo de energía eléctrica de 1 vivienda	100
Tabla 33 Resumen de generación de energía fotovoltaica para una vivienda	101
Tabla 34 Años / Inversión	102
Tabla 35 TIR	103
Tabla 36 Emisiones evitadas por el sistema fotovoltaico.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Evolución de la energía en los últimos 22 años.....	4
Figura 2 Árbol del Problema	9
Figura 3 Uso de los diferentes tipos de energía en el mundo.....	12
Figura 4 Árboles Solares en el Centro Histórico de México D.F.....	15
Figura 5 Árboles solares segunda generación con WIFI y Puertos USB.....	16
Figura 6 Iluminación de la Habana con LEDS.....	17
Figura 7 Plano de una casa familiar promedio de 4 personas en Quito	63
Figura 8 Panel policristalino y sus partes	67
Figura 9 Arreglo de paneles solares en paralelo.....	69
Figura 10 Regulador de carga de un sistema fotovoltaico	70
Figura 11 Inversor de un sistema fotovoltaico	72
Figura 12 Banco de baterías del sistema fotovoltaico	74
Figura 13 Sistema fotovoltaico en una vivienda típica del sector residencial..	79
Figura 14 Generación de electricidad horas vs días	92
Figura 15 Estado de carga de las baterías.....	94
Figura 16 Emisiones de CO2 de KIOTO	104

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS PARA EL SERVICIO ELÉCTRICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE QUITO, Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

AUTOR: Rayd Macías Andrade

TUTOR: Ing. Joel Segura D'Rouville

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio consiste en la determinación de la fuente alternativa energética más adecuada para el sector residencial del Centro Histórico de Quito integrado por 5100 viviendas, que posibilite disminuir la dependencia del servicio eléctrico proveniente del SEN (Sistema Eléctrico Nacional) debido al carácter de sector priorizado, motivado por el valor histórico de constituir el primer patrimonio de la humanidad declarado por la UNESCO en 1978. Por medio de la matriz de priorización de Holmes se obtuvo que la energía fotovoltaica resultó ser la más idónea. A través, de una serie de cálculos se determinó la capacidad necesaria del sistema fotovoltaico a instalar, tomando como muestra una vivienda típica integrada por 4 personas, en la cual se estandarizó un valor de consumo promedio de 143,31 kW-h este tipo de proyectos son llevados financiados por ONG y el Gobierno, por su alto nivel de inversión. Se realizó análisis financieros para demostrar la viabilidad del proyecto para el Estado en dicho análisis se aprecia la diferencia de los costos de generación entre la energía fotovoltaica y convencional siendo de \$ 0,075 y \$0,32 respectivamente, demostrándose por medio de esta diferencia la posibilidad de financiamiento de dicho proyecto a través de la misma.

ESCRITORES: Centro Histórico, alternativas energéticas, sistema fotovoltaico.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

THEME: ANALYSIS OF THE ENERGY ALTERNATIVES FOR THE ELECTRICAL SERVICE OF THE HISTORICAL CENTER OF THE CITY OF QUITO, AND ITS INCIDENCE IN THE ENERGY EFFICIENCY

AUTHOR: Rayd Macias Andrade

TUTOR: Ing. Joel Segura D'Rouville

ABSTRACT

The present study consists in the determination of the most suitable alternative energy source for the residential sector of the Historic Center of Quito integrated by 5100 homes, which makes it possible to reduce the dependence on the electric service coming from the SEN (National Electric System) due to the nature of the prioritized sector, motivated by the historical value of constituting the first heritage of humanity declared by UNESCO in 1978. Through the Holmes prioritization matrix it was obtained that photovoltaic energy turned out to be the most suitable. Through a series of calculations, the necessary capacity of the photovoltaic system to be installed was determined, taking as sample a typical house composed of 4 people, in which an average consumption value of 143.31 kW-h was standardized. projects are carried out financed by NGOs and the Government, due to their high level of investment. Financial analysis was carried out to demonstrate the feasibility of the project for the State. In this analysis, the difference in generation costs between photovoltaic and conventional energy is appreciated, being \$ 0.075 and \$ 0.32 respectively, demonstrating through this difference the possibility of financing of said project through it.

KEYWORDS: Historic Center, alternative energy, photovoltaic system.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio técnico comprende el análisis de las alternativas energéticas que pueden ser aplicadas al sector residencial del Centro Histórico de la ciudad de Quito, y su grado de aprovechamiento energético para ser empleadas con el objetivo de satisfacer la demanda eléctrica de dicho sector. A la vez disminuir la dependencia de las redes de distribución nacional. A través de datos estadísticos aportados por instituciones del Estado se logró fijar el consumo promedio mensual de una vivienda típica con el fin de realizar la estimación de los kW-h necesarios a ser generados, por medio de una fuente alternativa cubrir dicha demanda y de esta manera poder darle confiabilidad al servicio eléctrico de dicho sector.

El presente trabajo está conformado por cinco capítulos que se van concatenando uno con el otro y que se describen a continuación:

Capítulo I: Introducción. - Este capítulo describe la problematización, la justificación que contiene la importancia del estudio, la factibilidad del estudio y la utilidad y los beneficios, se analizan los objetivos del trabajo tanto general como específico, comprende el análisis de los antecedentes investigativos acordes al tema de estudio.

Capítulo II: Metodología. - En este capítulo se detalla la metodología a utilizar en el presente trabajo que está compuesto de; el área de estudio, el enfoque, la justificación de la metodología, la operacionalización de variables y la población y muestra.

Capítulo III: Desarrollo de la investigación. - Este capítulo comprende todo lo referente a cálculos del sistema de la alternativa energética a implementar en el sector residencial del Centro Histórico de la ciudad de Quito.

Capítulo IV: Resultados y Discusión. - En este capítulo se realiza una interpretación de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se hace un contraste de dicho proyecto con los antecedentes investigativos planteados en el capítulo I, un breve análisis del impacto ambiental que tendría la alternativa energética elegida.

Capítulo V.- Conclusiones y Recomendaciones: En este capítulo se describen las conclusiones y recomendaciones concatenadas a los objetivos específicos de dicho trabajo.

Al final se describen las referencias bibliográficas, anexos, tablas de selección de calibres de conductores y de selección de tuberías por donde pasaran los conductores y fichas técnicas de algunos elementos que conforman al sistema fotovoltaico.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

TEMA DE INVESTIGACIÓN

“Análisis de las alternativas energéticas para el servicio eléctrico del Centro Histórico de la ciudad de Quito, y su incidencia en la eficiencia energética”

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contextualización

Macro

La gestión energética a nivel mundial persigue lograr un uso más eficiente de la energía sin reducir los niveles de producción, sin poner en riesgo la calidad del producto o el servicio, ni afectar la seguridad o los estándares ambientales.

La eficiencia energética se refiere al uso racional y eficiente de la energía, el uso racional consiste en usar la fuente de energía más apropiada utilizando únicamente lo necesario. En el caso del uso eficiente, se refiere a la reducción del consumo de energía por unidad de producto o servicio, de esta manera se optimiza la energía consumida, productos y servicios obtenidos.

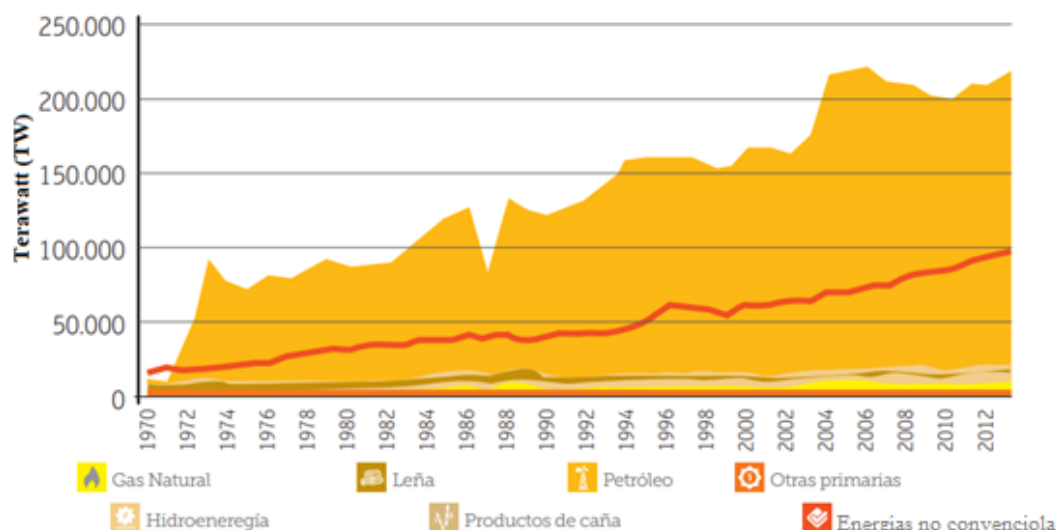


Figura 1 Evolución de la energía en los últimos 22 años.

Fuente: www.sostenibilidad.com

Elaborado por: (MICSE, 2015)

En la figura 1 se puede apreciar que a lo largo de los años la fuente de energía más predominante ha provenido de los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), se puede observar el incremento de empleo y uso de las energías no convencionales, debido a que los países buscan nuevas tecnologías de generación eléctrica, amigables con el ambiente, encaminadas a un desarrollo sostenible.

En el transcurso de los años, en algunos países han sido adoptadas diferentes medidas y acciones hacia el crecimiento de la eficiencia energética y a la reducción de pérdidas, donde se ha evidenciado que hay un gran énfasis hacia las etapas de un uso racional de la energía eléctrica. (Pinzón, 2014)

En la actualidad, en todo el mundo se está tratando de realizar la recuperación de barrios emblemáticos, especialmente de centros históricos, incorporando normativas y reglamentaciones ambientales relativas a la mejora de la

habitabilidad en los edificios y a la reducción de la demanda y mejora de la eficiencia energética, todo ello en el ámbito de una política global de reducción del consumo energético y de las emisiones de CO2 a la atmósfera (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013).

Meso

En el Ecuador el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable puso en marcha un Plan Estratégico que constituye el principal insumo orientado a la gestión institucional y sectorial, todo esto para la realización de estudios, análisis de factibilidad, evaluación de alternativas, definición del financiamiento y el seguimiento a la construcción de grandes proyectos que permita reorientar la matriz energética del país, por lo que se buscan nuevas fuentes de energía limpia. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2014).

Se ha identificado por medio de un estudio realizado por el INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables), la evolución proyectada de la generación por tipo de tecnología en el período 2013 hasta el 2022. Se aprecia claramente que la matriz energética hacia el futuro se sustenta fundamentalmente en el aporte de energía hidroeléctrica.

Tabla 1 La producción de Energía Eléctrica en el Ecuador

Año	Hidroeléctrica Gw-h	Eólica Gw-h	Termoeléctrica Gw-h	Fotovoltaica Gw-h	Biomasa Gw-h	Total Gw-h
2013	12,332	37	8,161	0	104	20,634
2014	12,418	64	8,858	194	104	21,637
2015	16,531	64	7,488	385	104	24,572
2016	24,999	64	3,761	385	104	29,313
2017	30,528	64	4,489	385	104	35,57
2018	31,244	64	5,185	385	104	36,981
2019	31,008	64	6,972	385	104	38,534
2020	31,02	64	8,436	385	104	40,009
2021	31,742	64	9,044	385	104	41,339
2022	35,729	64	6,42	385	104	42,701
Total	257,551	613	68,814	3274	1040	331,29

Fuente: (Estadísticas Arconel, 2016)

Elaborado por: El investigador

Como se observa en la Tabla 1 La producción de Energía Eléctrica en el Ecuador, se aprecia un incremento de la generación de energía renovable, siendo la más representativa en este estudio realizado en el 2016 la fotovoltaica, a continuación la energía biomasa, lo cual se debe a que en el país se está invirtiendo con mayor énfasis en proyectos fotovoltaicos por su privilegia ubicación geográfica (línea ecuatorial), biomasa (por su gran variedad de producciones que se dan en diferentes regiones del país).

Estudios recientes determinaron un crecimiento del 7% en la demanda eléctrica debido entre otras causas al crecimiento urbano, todo esto genera un impacto en cuanto a emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Diversos estudios indican que con la tecnología existente hoy en día, se puede conseguir importantes mejoras en los sistemas de alumbrado público en los Centros

Históricos, por ejemplo: empleo de lámparas LED, y la colocación de paneles solares en ciertos sitios estratégicos como ocurre en otros países, tales como el Centro Histórico de España, según Corredor (2014).

El Gobierno Nacional, por medio del Consejo Nacional de Electrificación (CONELEC), desde el 2011 ha aprobado 17 proyectos que ayudaran a la generación de energía limpia por medio de la colocación de paneles solares, estos fueron instalados en las provincias de Santa Elena, Imbabura, Manabí y en Pichincha la capacidad de generación que tienen estos proyectos es de 272 megavatios (MW) de potencia de acuerdo con Ingeniería Verde (2014).

Micro

En la actualidad en la ciudad de Quito a consecuencia de un incremento poblacional, el cual trae aparejado un incremento de la demanda eléctrica cada año, se crea la necesidad de buscar nuevas fuentes de energías encaminadas a un ahorro energético. Por tal motivo se encamina los estudios hacia la búsqueda de nuevas tecnologías que lleven a minimizar el consumo energético sin poner en riesgo la calidad del suministro energético (Voltaje y Frecuencia) en el centro histórico.

Según Auqui (2015) en el Centro Histórico de la ciudad de Quito el alumbrado público es un aspecto de gran interés para los capitalinos ya que se trata de no dañar el paisaje cultural, pues en el año de 1978 fue declarada como el primer Patrimonio de la Humanidad por las Naciones Unidas. A lo largo de

los años la Empresa Eléctrica de Quito ha realizado el cambio y reposición de lámparas y luminarias existentes en el sector y hoy en día con la aparición de nuevas tecnologías para el alumbrado público se han implementado lámparas LED en sustitución de las lámparas de sodio y de mercurio.

En aras de brindar un valor agregado al carácter patrimonial del Centro Histórico de la ciudad de Quito, se encaminan estudios para la implementación de fuentes alternativas de energía y luminarias que ayuden a potenciar y cuidar la estética de ese importante sector y a la vez sean más afines al cuidado del ambiente, así como más económicas.

La Empresa Eléctrica Quito ejecuta actualmente un proyecto de sustitución de 2400 luminarias de 150W, 250W de halogenuros metálicos 400W de Vapor de Sodio de Alta Presión, por luminarias con tecnología LED para conseguir mayor eficiencia en el alumbrado público, fundamentalmente para reducir el consumo de energía en alrededor del 45%, mejorar los niveles de iluminación, disminuir la contaminación lumínica, minimizar los costos de mantenimiento y de sustitución. Hay una garantía técnica de diez años para las luminarias.

Este proyecto no sólo contribuye a la disminución de emisiones de dióxido de carbono, CO₂, en el ambiente, sino que también aporta al mejoramiento de la seguridad y calidad de vida de los habitantes y visitantes de la zona.

Las luminarias LED de 114 W a utilizarse en el Centro Histórico cumplen con los valores recomendados en las Normas RoHS y la Regulación de Alumbrado Público 008/11 emitida por el Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC.

Árbol de Problemas

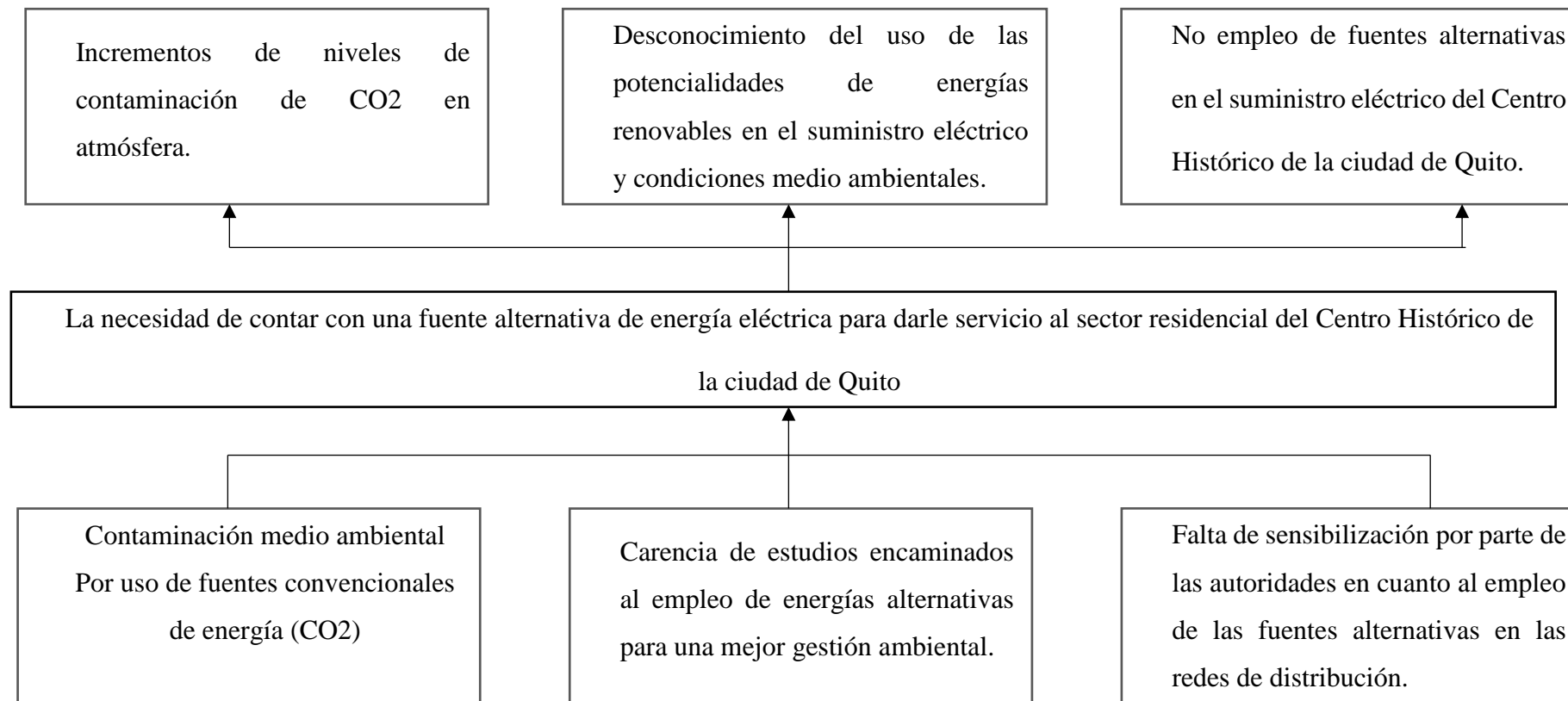


Figura 2 Árbol del Problema
Elaborado por: El investigador

Análisis crítico

Al ser el Centro Histórico de la ciudad de Quito el primer Patrimonio Cultural de la Humanidad declarado por la UNESCO, requiere de un manejo muy cuidadoso para su conservación. Entre los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta está la conservación los diferentes inmuebles que lo conforman así como manejar de forma adecuada los posibles aspectos que pudieran incidir en su deterioro. Por tales razones, al estar alimentada esta parte del sector residencial únicamente por la red eléctrica nacional, la fiabilidad del servicio eléctrico está limitada a una sola fuente de alimentación. Por tales razones se recomiendan estudios para la sustitución de la alimentación del servicio a través del sistema nacional interconectado por fuente alternativas de energía las cuales no emitirían gases de efectos invernadero a la atmósfera, se utilizaría al SIN como reserva del servicio, al disminuirse la demanda en las centrales térmicas también se reducirían las emisiones de CO₂ y azufre.

Se plantea que por cada kW-h consumido de energía producida, a través de combustibles fósiles se desprenden a la atmósfera terrestre 0,358 Kg de CO₂ (factor de emisión de consumo eléctrico). (ONU, 2012)

En la actualidad no se cuenta con suficientes estudios referentes al empleo y/o sustitución de las fuentes convencionales de energía por fuentes alternativas renovables, en los cuales se pueda analizar la capacidad de generación el nivel de contaminación sería menor en comparación con las fuentes convencionales empleadas en la actualidad. Se carece de información adecuada referente a las

verdaderas potencialidades de obtención de energía eléctrica a través de fuentes alternativas.

Se aprecia por parte de las instituciones y organismos el no reconocimiento de las verdaderas potencialidades energéticas con que cuenta el país a través de las fuentes alternativas, las cuales pueden irse incorporando para lograr un desplazamiento gradual de las fuentes convencionales. Las mismas pueden irse incorporando a través, de estudios de factibilidad técnica y económica, de manera gradual en la sustitución de las formas convencionales de energías procedentes de los combustibles fósiles.

La falta de sensibilización por parte de las autoridades se debe principalmente al hecho de que más de la mitad de la generación de electricidad en el país se produce a través de las centrales hidroeléctricas, las cuales poseen gran capacidad generativa, por tal razón, se tiende a subestimar los aportes energéticos que pueden ser obtenidos por medio de las restantes fuentes alternativas de energía como por ejemplo: energía fotovoltaica, eólica, biomasa, biogás y geotérmica.

Antecedentes

El uso de energía eléctrica es una necesidad aún imprescindible y se ha duplicado en los últimos 20 años especialmente por el desarrollo de los países y el crecimiento de la población. Existen varias alternativas energéticas más limpias, denominadas renovables, pero pese a los esfuerzos realizados por los distintos gobiernos, su utilización aún no es mayoritaria.

El uso de los distintos tipos de energía a nivel mundial se encuentra repartido de la siguiente manera:

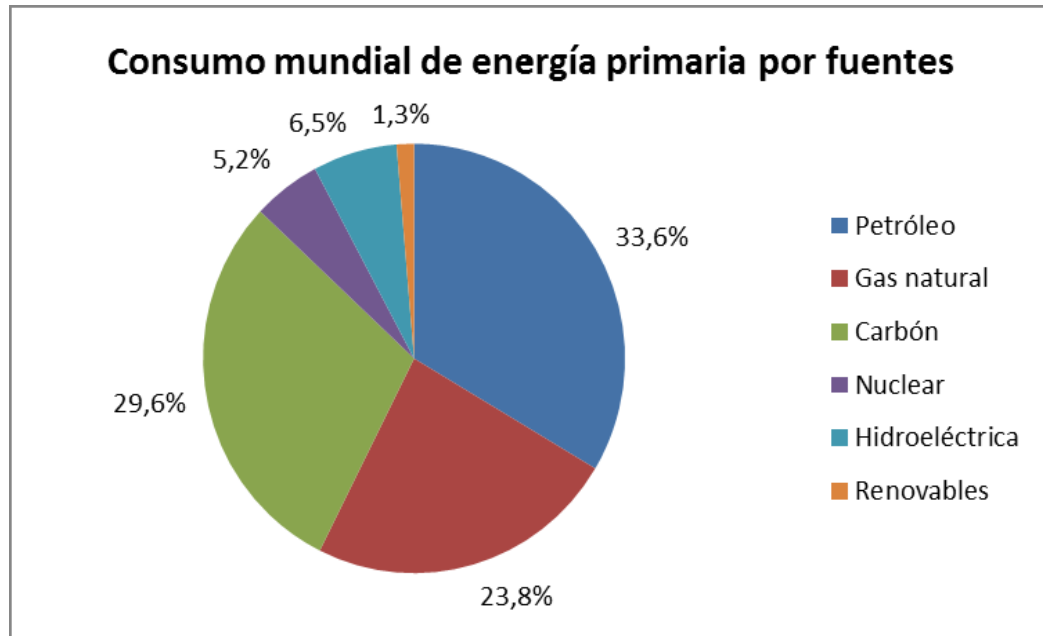


Figura 3 Uso de los diferentes tipos de energía en el mundo.

Fuente: (OPEP, 2015)

Elaborado por: El Investigador

La eficiencia energética y la disminución de la producción de CO₂ son preocupaciones que comparten la mayoría de los países del mundo. Quienes sin duda llevan la delantera en el uso de energías renovables son los europeos pues allí están los cinco países que se ubican en los primeros lugares en la utilización de este tipo de energía versus la energía eléctrica que produce tanto daño en cuanto a la emisión de gases efecto invernadero. Estos países son:

- Suecia y Austria con uso de energía procedente de biomasa
- Letonia, Finlandia y Dinamarca con la utilización de energía eólica

Por otra parte, Estados Unidos, China, España y Alemania se encuentran también muy enfocados en el cambio de energías tradicionales a energías

renovables, sin embargo la energía eléctrica sigue siendo la más importante. Las centrales térmicas producen contaminantes debido a dos aspectos puntuales:

- Primero, por la quema de combustibles fósiles, generan cenizas y humos entre los cuales se encuentran emisiones de CO₂ (dióxido de carbono), SO_x (óxidos de azufre) y NO_x (óxidos de nitrógeno). El CO₂ genera el conocido efecto invernadero, mientras que el SO y NO son causantes de la lluvia ácida.
- Segundo, generan un cambio térmico en las aguas que utilizan, lo cual afecta a las especies de ríos o mares cercanos.

Por todo lo expuesto, cada día crece más el interés público y privado para la utilización de energías renovables. En el caso de los países latinoamericanos, se han desarrollado varios proyectos para utilizar este tipo de energía pero no siempre son viables o sostenibles.

Vale la pena mencionar dos proyectos exitosos en el reemplazo de energía eléctrica y luminarias convencionales por energía fotovoltaica y tecnología LED. El primero es realmente interesante, ya que es una estrategia nacional desarrollada por el gobierno mexicano desde hace 6 años, y cuyos resultados son emulados por otros países del continente.

El otro proyecto mencionado es el caso de Cuba, que se constituye en un completo plan que busca la eficiencia energética pero combinando las soluciones técnicas con la estética en la iluminación de calles, monumentos, plazas y demás sitios públicos, de acuerdo a sus características individuales.

Estrategia Nacional de Energía 2012-2027, México D.F.

Fue presentada en 2011 por el Ministerio de Energía de México en alianza con el sector académico y se basa en dos premisas básicas:

- La potencialidad fotovoltaica del país, al estar en el “cinturón de fuego” donde la radiación solar presenta los niveles más altos del mundo.
- La búsqueda de energía limpia y sostenible

Para desarrollar esta estrategia se vienen desarrollando en México varias actividades simultáneas tanto para el desarrollo de tecnología y capacitación en el área fotovoltaica, así como para la creación de proyectos y aplicación de estos. Sólo en el ámbito académico se han desarrollado desde el 2012, 75 proyectos de posgrado en el área de energía solar fotovoltaica.

Uno de los proyectos más emblemáticos es el de la implantación, a partir de 2014, de los árboles solares o denominados técnicamente Na2light en el Centro histórico de México. Estos árboles están expuestos a luz solar durante 6,6 horas y son capaces de dar luz por 9.9 horas continuas.

Este Proyecto es desarrollado por el Fideicomiso del Centro Histórico de México D.F. y la empresa Energética. Cada árbol “Es un componente de paneles solares con iluminación LED. Tiene 11 celdas solares de 15 watts c/u, entonces se habla de 165 watts-horas, que es lo que se está cargando y cuando se prende sólo gasta 100 watts, es decir, gasta menos de lo que carga”. (Calderón, 2018)



Figura 4 Árboles Solares en el Centro Histórico de México D.F.

Fuente: (Abilia , 2015)

Elaborado por: El Investigador

Una versión mejorada de este mismo proyecto es la presentada en 2015 por la empresa Go Green México, cuya propuesta es poner árboles solares en todas las calles y avenidas, y no sólo dar iluminación sino también ser puntos WI FI y contar con puertos USB para recarga de equipos móviles.

“Llenar la ciudad de árboles solares para iluminar parques y recargar celulares, tabletas y gadgets, es el objetivo de la empresa Go Green México, que desarrolló y donó el primer árbol solar instalado en el parque Lincoln, en la delegación Miguel Hidalgo de la Ciudad de México” (Paz, 2015). Este Proyecto empieza con la donación de algunas unidades por cada sector, y la compra del mismo número de árboles donados por parte de la administración pública o la comunidad.



Figura 5 Árboles solares segunda generación con WIFI y Puertos USB.
Fuente: (Abilia , 2015)
Elaborado por: El Investigador

Cuba Solar, Cuba

Este Proyecto inició en la década de los 90's en la Habana, Cuba, y consistió en la búsqueda del desarrollo de energías renovables para sustituir a la energía eléctrica. Como resultados de este Proyecto, que es una verdadera política del Estado Cubano, hoy en día la isla cuenta con dos importantes alternativas de energía limpia: energía solar y por otro lado energía eólica, siendo la primera la más importante de las dos y que hoy abastece principalmente al sistema de establecimientos educativos a lo largo del territorio cubano, así como en segundo lugar a los pueblos más lejanos donde otras fuentes de energía son menos accesibles. (Moreno, 2013)

Cuba Solar al momento, ha sido designada como miembro consultivo de la ONU en el tema de energía renovable. En cuanto al Centro Histórico de La Habana, se ha desarrollado un subproyecto denominado Plan Maestro de Iluminación de la Habana Vieja, que busca realizar el cambio paulatino de las luminarias convencionales por otras más eficientes pero sin sacrificar la estética. Este proyecto considera la necesidad de iluminación de cada uno de los sectores, edificios, calles, plazas, etc. con el fin de elegir la mejor opción de lámpara, potencia y rango de iluminación, así como colores. “Ulterior eficiencia energética puede ser obtenida con el uso de lámparas que permitan la regulación del flujo emitido en horas donde no se necesita (Vapor de Sodio, LED). Esta reducción haría aumentar la vida útil de las lámparas, reduciendo los costes de gestión” (Linares, 2007).



Figura 6 Iluminación de la Habana con LEDS.

Fuente: (UNESCO, 2011)

Elaborado por: El Investigador

Las lámparas elegidas para este proyecto son halogenuros metálicos, vapor de sodio y LED. Las lámparas de descarga (halogenuros metálicos) escogidas son de última generación con dimensiones muy reducidas para garantizar una eficiente distribución lumínica, con reflectores de dimensiones pequeñas y balastro electrónico que aumentan aún más la eficiencia energética. (Linares, 2007)

Estudios y Proyectos en Ecuador

En cuanto a Ecuador, hay al momento 56 tesis de pregrado y posgrado que tratan acerca de las alternativas energéticas en Ecuador. De estos estudios, vale la pena mencionar los siguientes:

El impacto social, económico y ambiental de la energía solar renovable dentro del Ecuador y su matriz energética.

Universidad: Universidad San Francisco de Quito

Desarrollado por: Francisco José Roldán Espinosa

Año: 2016

Descripción: “Este estudio busca presentar efectivamente la realidad del Ecuador en cuanto a la matriz energética y exponer un nuevo frente de oportunidades de energías solar renovables dentro del país”. (Roldán, 2013)

La importancia de este estudio radica en la investigación sobre las diferentes alternativas de energías renovables y sus implicaciones económicas, costos, ventajas y desventajas, especialmente de la energía solar, con el fin de incentivar la inversión en proyectos de este tipo de cara a los beneficios que pueden traer no sólo al país sino a quienes deseen invertir.

Evaluación de alternativas de generación de electricidad desde el punto de vista de su impacto ambiental para sectores no conectados a redes eléctricas.

Universidad: Instituto Politécnico José Echeverría- La Habana

Universidad Técnica de Cotopaxi- Latacunga

Desarrollado por: Carlos Pablo Garzón Soria

Año: 2013

Descripción: “El presente trabajo está dirigido a la búsqueda de nuevas alternativas para generar electricidad con bajo impacto sobre el medio ambiente; para este estudio se utiliza la aplicación del método del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como una herramienta para evaluar los impactos ambientales en la generación de energía” (Garzón, 2013).

Este estudio aporta importante información técnica en cuanto a la comparación de las diferentes alternativas de energía, sus ventajas, desventajas, impacto ambiental así como el costo económico de cada una de ellas.

Promotores de eficiencia energética Smart-Ing. Plan de Negocio para la creación de una empresa de servicios de auditoría y ahorro energético.

Universidad: Universidad de Chile

Desarrollado por: Jacobo Montenegro Ríos

Año: 2014

Descripción: Para el arranque del proyecto comercial de la empresa de servicios de ingeniería energética denominada Smart – Ing., se desarrolla a continuación un plan de marketing que permita cuantificar por medio de variables estadísticas la factibilidad del desarrollo de una compañía que se dedique a la promoción de la conservación de la energía en la Ciudad de Quito, Ecuador (Montenegro, 2014).

En este estudio se realiza una investigación de mercado muy interesante para conocer el consumo de energía por tipo de empresa, así como se propone una metodología para realizar auditorías de consumo energético.

De todos los estudios y proyectos mencionados, se puede concluir que existe una conciencia clara de la necesidad de reemplazar paulatinamente la energía tradicional por las energías renovables, así como de reducir y optimizar el uso de la energía. De la misma manera se pueden ver las ventajas existentes en el uso de estas energías limpias no sólo en el campo ambiental sino también económico.

JUSTIFICACIÓN

La importancia del presente proyecto es establecer una propuesta de alternativas energéticas encaminada al desplazamiento gradual de las fuentes convencionales de energía que alimentan al Centro Histórico de la ciudad de Quito, por medio del empleo de fuentes alternativas con el fin de lograr mejoras en las condiciones medioambientales del lugar, encaminadas a la protección de este como Patrimonio Cultural de la Humanidad y también como lugar de residencia y trabajo de miles de quiteños.

La trascendencia de una de las aplicaciones investigativas que podría tener este trabajo es que sería uno de los pioneros en la aplicación de energías alternativas para la alimentación de las redes de distribución en un Centro Histórico considerado Patrimonio Cultural de la Humanidad.

La factibilidad del presente proyecto está dada en primer lugar por la cooperación por parte de la EEQ, INAMHI, INER, CONELEC Y CNEL en las cuales, de manera conjunta se realizará este trabajo de investigación.

La originalidad de este trabajo es notable, puesto que constituye una novedad la vinculación de las fuentes alternativas de energía en el suministro de las redes de distribución del Centro Histórico de la ciudad de Quito encaminadas a establecer una eficiencia energética y un mejor manejo medioambiental de la zona.

Implementando la presente propuesta en el Centro Histórico de la ciudad de Quito implicaría la aplicación de metodologías encaminadas a la eficiencia

energética en las redes de distribución mediante el empleo de fuentes alternativas de energía, así como un mejor manejo medio ambiental reduciendo la dependencia de energías convencionales.

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar las alternativas energéticas para el servicio eléctrico en Centro Histórico de la ciudad de Quito, y su incidencia en la eficiencia energética.

Objetivos Específicos

- Caracterizar energéticamente al sector residencial del Centro Histórico de la ciudad de Quito con el fin de identificar sus principales integrantes, a través de un estudio del mismo.
- Determinar las principales fuentes alternativas de energías más apropiadas para servir las redes eléctricas de distribución del centro histórico de la ciudad de Quito, por medio de herramientas de ingeniería industrial.
- Establecer una propuesta alternativa de energía eléctrica al Centro Histórico de Quito encaminada a incentivar la eficiencia energética en dicho sector.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Líneas de investigación

Medio Ambiente y Gestión de Riesgos. - Esta línea de investigación se enfoca en proveer directrices para el cuidado del medio ambiente y el correcto manejo de los recursos naturales de conformidad a ciertos parámetros de la legislación nacional e internacional para la seguridad ambiental y laboral. De esta manera se cuida la población civil y se resguarda el medio ambiente.

Este trabajo se apega a esta línea de investigación ya que se quiere demostrar que se puede utilizar una fuente de energía renovable para ayudar a reducir el consumo energético en el Centro Histórico de la ciudad de Quito, como se lo hace en el Centro Histórico de España y a su vez poder dejar de ser tan dependientes de las energías no renovables.

Dominio

El presente trabajo tiene como dominio Tecnología y sociedad, donde se encuentran Sistemas para la energía y Tecnologías para la remediación ambiental, por que busca soluciones para el medio ambiente con dos enfoques.

El primero el estudio de energías renovables o de bajo impacto ambiental que se puedan aplicar al Centro Histórico de la Ciudad de Quito y el segundo la remediación de los problemas de contaminación presentes en el país como lo es la búsqueda de una alternativa energética no convencional que reduzca las emisiones de CO₂ en su proceso de generación de energía eléctrica.

Campo

Ingeniería Industrial

Área

Gestión Ambiental

Aspectos

Generación de alternativas energéticas para el servicio eléctrico del Centro Histórico de la ciudad de Quito.

Delimitación Espacial

- Provincia: Pichincha
- Cantón: Quito
- Ciudad: Quito

Delimitación temporal

Período: Enero 2017 a Julio 2018

Enfoque

El presente trabajo se enfoca en un estudio predominantemente cuantitativo con aspectos cualitativos.

Cuantitativo: Se sustenta en el procesamiento de datos estadísticos, suministrados por las entidades del Estado referente a la utilización de las diferentes fuentes de energías renovables.

Cualitativo: Permite la interpretación de datos estadísticos, mediante la caracterización de las alternativas energéticas que pudieran ser implementadas en ese sector, estudiando la realidad en su contexto natural.

Justificación de la metodología

Investigación documental-bibliográfica

Tiene la modalidad de conocer, ampliar y detectar una variedad de enfoques, conceptos y diversas teorías de un sinnúmero de autores sobre un tema en específico.

En el presente trabajo se tomará como referencia documentos del INAMHI, CONELEC, CNEL, EEQQ, ONU, regulaciones energéticas, algunos libros y publicaciones sobre eficiencia energética en centros históricos, así como publicaciones sobre energías renovables de investigadores e instituciones públicas, privadas y ONG que también tienen interés por el tema investigado.

Diseño del Trabajo: Operacionalización de Variables

Tabla 2 Operacionalización de la variable Dependiente: Eficiencia energética

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e Instrumentos
Es usar inteligentemente la energía, reduciendo su consumo sin disminuir la calidad del servicio o el nivel de actividad.	Consumo energético del sector residencial del Centro Histórico de Quito. Empleo de tecnologías energéticas más eficientes	<ul style="list-style-type: none"> Demanda promedio diario de una vivienda: $DPD = \frac{C. p. mensual por vivienda}{30,4 \text{ dias}}$ C.p mensual por vivienda = 141.31 Tasa de retorno energético (TER): $TER = \frac{\text{Energía Obtenida}}{\text{Energía Invertida}}$ Energy Playback Time (EPBT) $EPBT = \frac{\text{Energía Invertida (kw - h)}}{\text{Energía Generada anual (kw - h/año)}}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál sería el consumo promedio diario de energía en una familia típica de 4 personas? ¿Cuál serían los niveles de eficiencia en la producción de energía eléctrica? ¿Cuál es el tiempo de recuperación de la energía eléctrica invertida en el sistema? 	Reportes mensuales de consumo energético por parte de la EEQ. Software Homer Pro.

Elaborado por: El investigador

Tabla 3 Operacionalización de la variable Independiente: Las alternativas energéticas

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e Instrumentos
<p>Es toda fuente de energía que proviene de recursos naturales y que no necesita quemar combustibles fósiles para generar electricidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Energía Eólica • Energía Solar • Energía geotérmica • Biomasa 	<ul style="list-style-type: none"> • Precio por Kw generado $P = \frac{\text{Costo total del sistema}}{\text{Total de kW generados}}$ <ul style="list-style-type: none"> • Matriz de priorización de alternativas. • Índice de reducción emisiones de CO₂ de consumo eléctrico <p>IRE = Consumo anual KW – H</p> <p>* Factor de emision de Co2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál será el costo de generación de un kW-h generado por la alternativa energética? • ¿Cuál sería la alternativa que más se ajusta al sector residencial del Centro Histórico de Quito? • ¿En cuánto se reduciría las emisiones de CO₂ con la alternativa energéticas? 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación CONLEC 04/11 • Software de emisión de CO₂ • Software Homer Pro. • Matriz de priorización de Holmes.

Elaborado por: El Investigador

Población y Muestra

Población

En la presente investigación la población es sector residencial del Centro Histórico de Quito que está conformado por 5100 viviendas.

Muestra

Para el presente estudio, se toma como muestra a una vivienda típica, ubicada en dicho sector, la cual va a estar integrada por 4 personas como promedio, para la misma se estima un consumo promedio mensual de 143,31 Kw-h. Estos datos fueron obtenidos a través, de estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y la Empresa Eléctrica Quito, llevado a cabo en el mes de junio del año 2012, donde se plantearon los niveles de consumo eléctrico y gastos mensuales correspondiente al mismo, el cual arrojó, que para una vivienda típica, con un valor de consumo eléctrico correspondiente a 143,31 kW-h por mes, ocasionaría gasto de \$18,92 acorde a la tarifa eléctrica vigente para el sector residencial. (DMQ, 2012)

Estos datos también se consideran para la determinación de las capacidades de bancos de transformadores de distribución, en el momento de realizar proyectos eléctricos para nuevas urbanizaciones.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL

El Municipio de Quito en el año 2013 dio a conocer parámetros eléctricos de las empresas distribuidoras del país donde se refleja que el consumo de energía eléctrica en el Ecuador es de 18469 Gwh. Este valor corresponde al año 2012, y se estimó una tasa de crecimiento anual de 3% en el consumo de energía en el sector residencial, esto debido al incremento poblacional del país.

En la ciudad de Quito la Empresa Eléctrica, en su zona de concesión de 14.971 km², posee 3.955 GWh al año. Mediante un estudio que realizó el INEC en junio del 2012 en la ciudad se estableció que el índice de consumo eléctrico y gasto mensual promedio en los hogares es de 143,31 kW-h por mes, con un promedio de gasto de 18,92 dólares aproximadamente, en una familia promedio de 4 personas. (Empresa Eléctrica Quito, 2013)

Es por eso, que la CENEL busca regular la dependencia de energías convencionales y reducir el consumo energético en sitios que demandan un mayor consumo de electricidad como lo son: centros históricos, plazas, monumentos, lugares turísticos, entre otros, por medio de municipios. Es por eso que busca nuevas alternativas de

energías no convencionales para implementar en estos lugares donde se requiere una mayor demanda en el consumo energético del sector residencial, como ocurre en otros países como lo es en España que existe una gran cantidad de paneles solares en los techos de las viviendas reduciendo la dependencia de las energías convencionales, o como en Islandia que el 60% del sector residencial depende de la energía geotérmica, y por medio de energías no convencionales se reduce la dependencia de las energías convencionales por partes de los sectores consumidores.

ALUMBRADO PÚBLICO GENERAL

En el año 2012 el alumbrado público representó cerca del 5% de la demanda total. En la actualidad la planificación del alumbrado público general con ayuda del Municipio de Quito tiene el compromiso de reducir el impacto ambiental, tener una mayor eficiencia en el consumo energético y un admisible retorno de la inversión, al implementar una tecnología renovable que aporte a la potencia total que se consume en el Centro Histórico de la ciudad de Quito.

DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS

Energía eólica

La energía eólica forma parte del grupo de las energías renovables, su funcionamiento es por medio del movimiento de las aspas, éstas se mueven por la presión que el viento ejerce sobre ellas, en el interior estas aspas están conectadas a un eje adherido a grupo de engranajes que multiplican los giros dándole velocidad al eje que está acoplado al otro extremo del rotor que gracias a esta velocidad puede generar electricidad.

Un generador eólico cuenta con una pequeña estación meteorológica donde se mide la presión y la densidad del viento, también donde se controla el generador eólico en la cual, en ocasiones la velocidad supera el límite de riesgo de la estructura se aplica un freno que reduce el giro en las aspas salvaguardando toda la estructura, el generador posee una puesta a tierra para dirigir todas las descargas eléctricas a la misma

Toda la energía que se genera en la estructura pasa a un transformador donde se eleva a altos niveles la tensión para ser transmitidas a grandes distancias con pérdidas mínimas de energía.

En el Ecuador esta energía también se está aprovechando en la provincia de Loja (Cerro Villonaco) con una potencia instalada de 16,5 MW también en las Isla San Cristóbal con una capacidad de 2,4 MW y en la actualidad se puso en marcha la construcción del proyecto de energía eólica en la Isla Baltra que tendrá una capacidad de 2,25 MW. (Tamayo, 2017)

Una investigación que se realizó en la Universidad de Chile sobre que la implementación de la energía eólica se dio a conocer que esta energía será rentable y podrá competir con combustibles fósiles en el año 2020 cuando sus límites alcancen una capacidad una superioridad a 650 GW. (Enriko, 2015)

Estudios realizados por la EGA (Asociación Eólica de Galicia) para la construcción de parques eólicos de una capacidad de 23,3 MW, el costo total que oscila entre los \$28'000.000 teniendo un tiempo de vida útil de 20 años con un precio, los costos más significativos se los describe de la siguiente manera: (Montero Muñoz, Simon, & Gimenez Fernandez, 2010)

Tabla 4 Costos para la Implementación de un parque eólico

Descripción	Porcentaje	Precio
Costos de estudios de viabilidad	2%	\$560,000
Costos de equipamiento	70%	\$19'600.000
Costos de obra civil	10%	\$2'800.000
Costos de conexión a la red	6%	\$1'680.000
Otros costos de inversión	12%	\$3'360.000
Total	100%	\$28'000.000

Elaborado por: El investigador

Cada uno de estos gastos se conforma de diferente manera, según el detalle que se muestra a continuación:

- Costos de estudios de viabilidad:
 - Estudio del recurso eólico en el sector.
 - Diseño inicial del parque.
 - Estudio de impacto ambiental.
 - Estudio de rentabilidad.
- Costos de equipamiento:
 - Producción de las turbinas.
 - Adquisición de equipos auxiliares (Puestas a tierra, veletas).
 - Adquisición de convertidores (transforma de corriente continua en alterna).

- Adquisición de Transformadores (eleva la tensión para transportarla)
 - Transporte hasta el lugar de construcción del proyecto (Logística del equipamiento).
- Costo de obra civil:
 - Transportación dentro del proyecto (Grúas, monta cargas).
 - Construcción de cimientos (Torres, carreteras de acceso al proyecto, subestaciones de control del proyecto).
- Costos de conexión a la red:
 - Cableado del proyecto hasta el SIN.
- Otros costos de inversión:
 - Permisos legales (CONELEC en el caso de Ecuador).
 - Licencias para la venta de energía al Estado.
 - Seguros internacionales.
 - Mantenimiento y monitoreo.
 - Sueldos (16 personas como mínimo operan un parque eólico)

En la tabla 4 se puede apreciar que el valor que más alto, es el costo de equipamiento del parque con un 70%, seguido de los costos de inversión con un 12%.

Con estos datos se puede llegar a determinar que construir un parque eólico de una capacidad de 23,3 MW tiene un costo de \$ 28 millones con 33 aerogeneradores que producen cada una de las torres cerca de 0,706 MW al año, ocupando una superficie de 25m² por cada una de las torres, con un tiempo de vida útil de 20 años se estima que el mantenimiento anual y monitoreo del parque tiene un costo de \$270.000

mensual donde trabajarán 16 personas entre técnicos e ingenieros. El parque eólico tarda de 6 a 8 meses con vientos de 13 a 14 metros por segundo en devolver la energía que se utilizó para su construcción. (Paolo, 2017).

En el Ecuador el CONELEC por medio de la regulación 04/11 aprobada en abril del 2011 estableció el precio del kW-h producido una planta eólica en \$0,093 en el territorio continental y el pago adicional por transporte hasta el sistema interconectado estará entre 0,06 centavos USD/kW/h con un límite de 1,5 centavos USD/kW-h estos precios altos por el kW-h producido se debe a que el Estado busca incentivar a grupos inversores y empresas privadas inviertan por esta nueva tecnología. (CONELEC, 2011)

Energía geotérmica

La geotermia es una energía renovable que se emana del interior de la tierra, también es una fuente de energía eficiente y limpia, esta se encuentra debajo de la superficie terrestres y se la puede explotar casi en cualquier lugar de la tierra, el calor que se encuentra en el interior de la tierra fluye hasta la superficie por medio de tuberías que se encuentran acopladas a unas turbinas que son impulsadas por el vapor natural y se lo puede encontrar en aguas termales, volcanes y geiseres, existen distintos tipos de recursos geotérmicas según su temperatura;

Los de alta temperatura que son de más de 150 °C

En estos yacimientos geotérmicos se obtiene vapor y agua a elevadas temperaturas de más de 150 °C y presiones muy altas, estas se utilizan especialmente para generar energía eléctrica, las centrales geotérmicas se ubican generalmente sobre los

yacimientos geotérmicos que son el resultado de la coincidencia de un acuífero con una zona del terreno que está a altas temperaturas donde el agua y el vapor extraído es aprovechado por una turbina para la generación de electricidad, una vez extraída la energía el agua es devuelta al yacimiento geotérmico para asegurar la sostenibilidad del terreno.

Los de media temperatura entre 30 a 150 °C

Por lo general este sistema se lo utiliza para dar agua caliente a ciudades, o generar electricidad para pequeñas comunidades, también para la calefacción de piscinas invernaderos o en industrias medias.

Los de baja temperatura menores a 30 °C

Por ser un sistema de baja temperatura este aprovecha el calor que se genera por debajo de la corteza terrestre como la del calor del sol que se absorbe, se lo utiliza principalmente para climatizar viviendas, suministrar agua caliente, refrigeración. El circuito de calor extrae calor del suelo y por medio de una bomba de calor suministra calefacción en invierno y en verano la mantiene fresca cediendo calor al terreno, la bomba de calor al funcionar sin combustión no emite humo ni contaminación, no requiere mucho mantenimiento y es muy segura.

El funcionamiento se basa en la temperatura de la superficie que durante todo el año se mantiene constante, en Europa existe ya alrededor 1'000.000 de instalaciones de baja generación, lo que significa un ahorro energético del 40 al 70% de la factura energética en fábricas o en urbanizaciones.

Las ventajas de la energía geotérmica son:

- No se necesita hacer ningún tipo de acoples en chimeneas o en techos, es decir, un nulo impacto visual sobre las viviendas.
- No genera impacto sonoro.
- Mantiene la temperatura de la vivienda estable las 24 horas del día.
- Es muy eficiente en los sistemas de frío o calor durante todo el año.
- Es autosuficiente y capaz de cubrir la demanda energética de un país.

En el Ecuador se han identificado 11 proyectos donde se puede montar una central eléctrica geotérmica por encontrarse atravesado por la zona volcánica de América del Sur, en la actualidad se encuentra en etapas de reconocimientos y estudios, en el país esta energía geotérmica se la ve más en fuentes termales y balnearios.

El diario El Comercio publicó un artículo sobre la energía geotérmica en el Ecuador donde estudios realizados por el Banco Mundial dieron a conocer que el Ecuador posee un potencial geotérmico aproximado de 1700 MW se le destino un fondo al Estado ecuatoriano para que realice análisis en el territorio ecuatoriano. Estos análisis determinaron un potencial de generación teórico de 533 MW en tres diferentes zonas: Chachimbiro (Imbabura), Tufiño-Chiles (en la frontera con Colombia) y Chalupas.

Otras posibles zonas donde la energía geotérmica es prometedora son en las provincias de Chimborazo y Azuay, por la falta de estudios más profundos no se puede hacer una estimación exacta de potencia, en el país la gran problemática de explotación de la energía geotérmica radica en la falta de estudios y los grandes costos que acarrear las excavaciones de los yacimientos. (García, 2014)

Un proyecto realizado en Islandia llamado IDDP (Iceland Deep Drilling Project) dio a conocer una propuesta económica sobre la implementación de la energía geotérmica, de tal manera se muestra los costos para implementar una central geotérmica dejando de lado ciertos valores que varían dependiendo del lugar y las condiciones de la corteza terrestre. (California, 2017)

La central con una capacidad instalada de 25 MW tiene un costo aproximado \$47'500.00 teniendo un costo de \$1.9 millones por cada MW, utilizando una superficie de 250 m² y con un tiempo de vida útil de 15 a 20 años, en una central geotérmica trabajan unas 22 personas entre técnicos y operadores.

A continuación se detallan los gastos para la implementación de una estación geotérmica. Estos gastos se expresan tanto en porcentaje como en precio y son muy importantes para conocer cuál es el monto de inversión necesarios, desde los estudios de factibilidad hasta el montaje.

Tabla 5 Implementación de una estación geotérmica

Descripción	Porcentaje	Precio
Costos de estudios de viabilidad	60%	\$28'500.00
Costos de equipamiento	10%	\$4'750.000
Costo de obra civil	14%	\$6'650.000
Costos de conexión a la red	4%	\$1'900.000
Otros costos de inversión	12%	\$5'700.000
Total	100%	\$47'500.000

Elaborado por: El investigador

Cada uno de estos gastos se conforma de la siguiente manera:

- Costos de estudios de viabilidad:
 - Estudio del recurso geotérmico en el sector (excavación de pozos para pruebas).
 - Diseño inicial de la central geotérmica.
 - Estudio de impacto ambiental.
 - Estudio de rentabilidad.
- Costos de equipamiento:
 - Adquisición de las turbinas.
 - Adquisición de equipos auxiliares (separadores, turbinas de respaldo).
 - Adquisición de inversores (transforma de corriente continua en alterna).
 - Adquisición de Transformadores (eleva la tensión para transportarla)
 - Equipos de las subestaciones (control de turbinas)
 - Transporte hasta el lugar de construcción del proyecto (Logística del equipamiento).
- Costo de obra civil:
 - Transportación dentro del proyecto (Grúas, monta cargas).
 - Construcción de cimientos (perforaciones, carreteras de acceso al proyecto, estaciones de control del proyecto, tuberías de reinyección).

- Costos de conexión a la red:
 - Cableado del proyecto hasta el SIN.
- Otros costos de inversión:
 - Permisos legales (CONELEC en el caso de Ecuador).
 - Licencias para la venta de energía al Estado.
 - Seguros internacionales.
 - Mantenimiento y monitoreo.
 - Sueldos (22 personas como mínimo operan una central geotérmica)

En la tabla 5 se aprecia que el porcentaje más alto, es el Costos de estudios de viabilidad que abarca lo que son los estudios, las excavaciones de pruebas que son el valor más alto de la implementación de la central.

El problema de esta tecnología para encontrar un yacimiento que cumpla con la capacidad esperada conlleva una inversión de \$14'700.000 por el motivo de que se realizar un promedio de 5 perforaciones de 40 cm para encontrar un yacimiento estable y el tiempo que lleva hacer la excavación. (Jóhannsson, 2009)

Estos valores pueden oscilar en función de las características de la planta, el tamaño y el número de pozos que se deban realizar. En Estados Unidos es donde existe un mayor número de empresas que se dedican a la perforación en busca de yacimientos, los valores varían entre \$3,7 a \$4,5 millones por cada MW instalado esto se debe a las condiciones topográficas de donde se quiera hacer la excavación por ejemplo: en cordilleras, cercanías a volcanes, el precio varía mucho dependiendo las características del proyecto (Bbruni, 2007)

En el Ecuador aunque aún no existan centrales geotérmicas, el CONELEC por medio de la regulación 04/11 aprobada en abril del 2011 estableció el precio del kW-h producido por una central geotérmica en \$0,13 y el pago adicional por transporte hasta el sistema interconectado estará entre 0,06 centavos USD/kW/h con un límite de 1,5 centavos USD/kW-h estos precios altos por el kW-h producido se debe a que el Estado busca incentivar a grupos inversores y empresas privadas inclinarse por la implementación de esta nueva tecnología. (CONELEC, 2011)

Energía de la biomasa

También conocida como la energía de la naturaleza debido a que aprovecha todo lo que la naturaleza produce, es una fuente de calidad y está en todo lo que se encuentra en el entorno, la biomasa es de origen orgánico, animal o vegetal es factible utilizarlo para la generación energética. Según su procedencia existen distintos tipos:

- Biomasa agrícola

Son los residuos de las cosechas y los cultivos energéticos agrícolas, por ejemplo: bagazos o espigas del trigo.

- Biomasa forestal

Son los residuos que se derivan de limpieza de los bosques, por ejemplo: podas, aserrín.

- Biomasa ganadera

Son los residuos del ganado como los purines y el estiércol que sirve para la generación de biogás.

- Biomasa industrial

Son los residuos orgánicos que provienen de la industria alimentaria como; industrias de aceites, industria papelera y las industrias que realizan muebles.

- Biomasa procedente de la basura de las ciudades

Son todos los residuos que provienen de las ciudades, por ejemplo: botellas plásticas, electrodomésticos dañados y muebles viejos.

Todas estas biomasa para convertirse en electricidad necesitan de una transformación a través de unos procesos mecánicos, biológicos y termoquímicos para obtener productos como las pastillas (pastillas de madera molida y prensada), pets, biogás para la generación de electricidad y bioetanol y el biodiesel.

Cuando estas biomasa se transforman en electricidad, biocombustibles o calefacción toma el nombre de bioenergía. A partir de la biomasa se puede producir calefacción, electricidad, biocarburantes que se usan en el transporte (biodiésel, bioetanol y bioqueroseno). (Ballester, 2009)

Un estudio realizado por IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) en Suecia cerca del 20% de la energía que se consume es proveniente de la biomasa, este país está muy desarrollado en cuanto a la producción de energía proveniente de la biomasa.

Existen más 300 instalaciones donde se llevan a cabo procesos de transformación de biomasa donde se obtienen distintos tipos de biocombustibles y energía eléctrica de igual manera se producen otros productos que tiene un alto valor añadido como lo son: cosméticos, medicamentos, entre otros. (Energía Estratégica, 2016)

Los costos de la implantación de una planta de biomasa de una capacidad de 20 MW con un tiempo de vida de 20 años aproximadamente donde trabajan 18 personas, ocupando una superficie promedio de 10.000 m², tienen algunos costos significativos, fijos y variables.

En cuanto a los costos variables, existen ciertos valores que no se toman en cuenta por ser muy variables y dependen mucho de las características de cada proyecto como costos del agua, terreno, condiciones climáticas, disponibilidad de materia prima cercana al lugar, carreteras de acceso a la planta, algunos costos se los estiman. (Concha, 2016)

Los costos de implementar una planta de biomasa se pueden expresar de varias maneras como se señala en la tabla que está a continuación:

Tabla 6 Costos de la implementación de una planta de biomasa

Descripción	Porcentaje	Precio
Costos de estudios de viabilidad	3%	\$1'440.000
Costos de equipamiento	39%	\$18'720.000
Costo de obra civil	24%	\$11'520.000
Costos de conexión a la red	8%	\$3'840.000
Otros costos de inversión	26%	\$12'480.000
Total	100%	\$ 48'000.000

Elaborado por: El investigador

Cada uno de estos gastos se conforma de la siguiente manera:

- Costos de estudios de viabilidad:
 - Estudio de recurso para la generación de biomasa (pruebas y análisis de propiedades energéticas).
 - Diseño inicial de la planta de biomasa.
 - Estudio de impacto ambiental.
 - Estudio de rentabilidad.
- Costos de equipamiento:
 - Adquisición de las calderas.
 - Adquisición de equipos auxiliares (sistema de control, sistema de monitoreo).
 - Adquisición de Transformadores (eleva la tensión para transportarla)
 - Transporte hasta el lugar de construcción del proyecto (Logística del equipamiento).
- Costo de obra civil:
 - Traspotación dentro del proyecto (Grúas, monta cargas).
 - Construcción de cimientos (galpones, carreteras de acceso al proyecto, obras de captación de agua, obras de vertido).
- Costos de conexión a la red:
 - Cableado del proyecto hasta el SIN.
- Otros costos de inversión:
 - Permisos legales (CONELEC en el caso de Ecuador).
 - Licencias para la venta de energía al Estado.
 - Seguros internacionales.
 - Mantenimiento y monitoreo.

- Sueldos (18 personas como mínimo operan una planta de biomasa)

En la tabla 6 se aprecia que, el porcentaje más alto es el costo de equipamiento que abarca lo que son equipos para la transformación de la biomasa en recursos energéticos como, por ejemplo:

- Adquisición de caldera completa
- Equipo de ciclo agua-vapor
- Turbina de vapor + generador, entre otros.

En el Ecuador el CONELEC por medio de la regulación 04/11 aprobada en abril del 2011 estableció el precio del kW-h producido en una planta biomasa en \$0,096 y el pago adicional por transporte hasta el sistema interconectado estará entre 0,06 centavos USD/kW-h con un límite de 1,5 centavos USD/kW-h estos precios altos por el kW-h producido se debe a que el Estado busca incentivar a grupos inversores y empresas privadas inviertan por esta nueva tecnología. (CONELEC, 2011)

El INER en el 2012 dio a conocer un artículo sobre la generación energía a partir de la biomasa en el Ecuador es de 101.3 MW y es producido por industrias azucareras que vieron una oportunidad económica en residuos de su producción (bagazo y residuos agrícolas) están conformado por Ecoelectric (Azúcar Valdez con 36,5 MW), San Carlos con 35 MW y Ecudos (Azúcar La Troncal con 29,8 MW).

El INER también ha puesto en marcha diversos proyectos y pruebas piloto para el aprovechamiento de varios recursos naturales que componen la biomasa como lo son:

- Un laboratorio para la termo valorización de la biomasa y residuos sólidos urbanos

Trabajan 8 técnicos en busca de desarrollar un potencial de la biomasa para la colaboración de la bioenergía, este laboratorio se encuentra ubicado en el lado norte de Quito en el sector de Carapungo dentro del complejo de la CELEC EP.

- Estudio para el aprovechamiento energético de biomasa residual del piñón

El piñón es un cultivo que en la costa ecuatoriana se lo utiliza como cerca viva, y tiene un elevado contenido de aceite que se lo puede utilizar como biocombustible, aunque aún se encuentre en fase de estudio se busca que este biocombustible remplace los combustibles fósiles utilizados en las Islas Galápagos.

- Estudio de la producción de hidrógeno a partir de la biomasa residual de la producción del banano.

El propósito de este proyecto es producir una nueva tecnología para la obtención de hidrogeno de los residuos del banano.

- Prueba piloto de un proyecto que consiste en la captura de carbono de emisiones de plantas termoeléctricas para la producción de biocombustibles a partir de microalgas.

Las algas que se concentran en las hidroeléctricas capturan el carbono se busca el aprovechamiento de estas algas en la biomasa, en forma de digestión anaerobia o por la gasificación. (INER, 2012)

Energía fotovoltaica

Es un sistema que funciona a partir de la aplicación del efecto eléctrico, donde la acción de la radiación solar sobre elementos semiconductores produce el desprendimiento de electrones de forma ordenada, lo cual constituye una corriente eléctrica continua. La luz solar está compuesta por partículas energéticas llamadas fotones, que poseen diferentes energías correspondientes a su vez a las diferentes longitudes de ondas del espectro de la radiación solar, los fotones absorbidos por una célula fotovoltaica transfieren su energía a un electrón de un átomo de la célula, con esta energía el electrón se desprende del átomo para pasar a formar parte de la corriente de un circuito eléctrico.

- Tipos de instalaciones
 - Instalaciones aisladas de la red eléctrica

Se utilizan cuando la red de distribución eléctrica está alejada de los puntos de consumo y son útiles para la electrificación de casas que se encuentran en el campo, en sistemas de bombeos alejados de la red de distribución, en sistema de comunicaciones remotas, en boyas marinas, alumbrado público y en satélites.

- Instalaciones conectadas a la red

Por medio de estas instalaciones la electricidad limpia se conecta a la red y se vende a la empresa eléctrica.

- Componentes principales
 - Modulo fotovoltaico o panel

Transforma la radiación solar en energía eléctrica.

- Regulador de tensión

Modula la carga del sistema de acumulación evitando así las sobre cargas y las descargas excesivas.

- Baterías o acumuladores

Almacena la energía para solucionar el desfase temporal entre los períodos de generación eléctrica y de consumo.

- Sistema de adaptación de corriente

Son convertidores para corriente continua o inversores para transformar a corriente alterna.

La website PV Magazine Latinoamérica dio a conocer una estimación de los costos que acarrea instalar una planta fotovoltaica de 50 MW en un precio promedio de 49 millones de dólares en América del sur con un tiempo de vida útil de 20 años y con una potencia de 300 W cada panel y la instalación de 34000 paneles y con una superficie de 5,6 hectáreas de terreno, costos que se agrupan de la siguiente manera; (Díaz, 2017)

En la tabla 7 se puede observar los costos de implementar un sistema fotovoltaico

Tabla 7 Costos de la implementación de una planta fotovoltaica

Descripción	Porcentaje	Precio
Costos de estudios de viabilidad	3%	\$1'470.000
Costos de equipamiento	62%	\$30'380.000
Costo de obra civil	22%	\$10'780.000
Costo de conexión a la red	6%	\$2'940.000
Otros costos de inversión	7%	\$3'430.000
Total	100%	\$49'000.000

Elaborado por: El Investigador

Cada uno de estos gastos se conforma de la siguiente manera:

- Costos de estudios de viabilidad:
 - Estudio del recurso para la generación (análisis y tomas de datos de radiación y temperatura).
 - Diseño inicial de la planta fotovoltaica.
 - Estudio de impacto ambiental.
 - Estudio de rentabilidad.
- Costos de equipamiento:
 - Paneles.
 - Adquisición de equipos auxiliares (puestas a tierra, protección magneto térmica).

- Adquisición de Inversor DC/AC (transformar la corriente directa en alterna)
 - Transporte hasta el lugar de construcción del proyecto (Logística del equipamiento).
 - Cables.
- Costo de obra civil:
 - Construcción de cimientos (depende del sistema es instalado en el suelo o en alguna superficie).
- Costos de conexión a la red:
 - Cableado del proyecto hasta el SIN.
- Otros costos de inversión:
 - Permisos legales (CONELEC en el caso de Ecuador).
 - Licencias para la venta de energía al Estado.
 - Seguros internacionales.
 - Mantenimiento y monitoreo.
 - Sueldos (10 personas como mínimo operan una planta fotovoltaica)

En la tabla 7 el porcentaje más alto es el Costo de equipamiento que abarca lo que son la adquisición de los paneles y el transformador que son los de mayor valor en el sistema, seguido del costo de obra civil con un valor elevado por la gran cantidad de terreno que requiere.

En el Ecuador el CONELEC por medio de la regulación 04/11 aprobada en abril del 2011 estableció el precio del kW-h producido en una planta fotovoltaica en \$0,40 y el pago adicional por transporte hasta el sistema interconectado estará entre 0,05

centavos USD/kW/h con un límite de 1,5 centavos USD/kW-h estos precios altos por el kW-h producido se debe a que el Estado busca incentivar a grupos inversores y empresas privadas inviertan por esta nueva tecnología. (CONELEC, 2011)

En el Ecuador se aprobaron 17 nuevos proyectos de generación de energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico, estos proyectos pasan a ser sometidos por la CNELEC donde analizan los estudios de factibilidad, diseños definitivos de las plantas y el impacto ambiental que se generaría, en la actualidad existe ya proyectos de energía fotovoltaica instalados en las provincias de Santa Elena, Pichincha, Imbabura y Manabí con un total de generación de 272 MW esto corresponde al 6% de la capacidad instalada en el territorio ecuatoriano. (Meza, 2013).

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS

El propósito de la selección de alternativas energéticas consiste en: determinar que la energía no convencional es factible aplicar en el sector residencial del Centro Histórico de la ciudad de Quito para reducir la dependencia de energía eléctrica convencional acoplando al sistema de alimentación de dicho sector un sistema de energías limpias que ayuden a la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera, de igual manera que le dé una fiabilidad al servicio eléctrico.

Matriz de priorización

1) Se define el resultado que se desea:

Definir cuál es la alternativa energética que más se ajuste a las necesidades del sector residencial del Centro Histórico de Quito

2) Determinar los elementos a priorizar

El este caso son las alternativas energéticas:

Tabla 8 Alternativas Energéticas

Alternativas
Eólica
Geotérmica
Solar
Biomasa

Elaborado por: El investigador

En la tabla 8 se observan las diferentes alternativas energéticas para determinar cuál es la más apropiadas para implementar en el sector residencial que ayude a reducir la dependencia de energías convencionales del sector, sin poner en riesgo la calidad del servicio eléctrico en la vivienda.

- Energía Eólica
- Energía Geotérmica
- Energía Solar
- Energía de la Biomasa

Cada una de las alternativas tiene características especiales que le hacen más o menos aplicable en este caso de estudio.

Por otro lado se necesita definir los criterios a evaluar, mismos que están expresados en la siguiente tabla:

Tabla 9 Criterios a evaluar

Criterios
Ubicación geográfica
Tecnología y ciencia
Aspectos propios de Centro Histórico de Quito
Precio (Menor Precio)

Elaborador por: El investigador

En la tabla 9 se observan los criterios a analizar con las alternativas energéticas y poder determinar cuál de las mismas se ajusten a las necesidades del sector residencial del Centro Histórico de la ciudad de Quito.

- Ubicación geográfica (Superficie que utiliza, Disponibilidad de materia prima en el sector)
- Tecnología y Ciencia (Estudios, Pruebas, Maquinaria necesaria)
- Aspectos Propios del Centro Histórico de Quito (Ordenanzas municipales, Impacto ambiental y urbanístico)
- Precio (Precio de pruebas, Maquinaria, Materia prima, Instalaciones)

3) Determinar una escala para el grado de importancia que servirá para calificar los criterios

Tabla 10 Escala para calificar los criterios

Respuestas	Valor	
Significativamente importante (normal)	5	
Significativamente menos importante (normal)	$\frac{1}{5}$	0,2
Igual de importante	1	
Excesivamente más importante	10	
Excesivamente menos importante	$\frac{1}{10}$	0,1

Elaborado por: El investigador

En la tabla 10 se observa la escala de calificación que propuso Holmes que están compuesto por el 1, el 5 y el 10 están emparejados con sus inversos $\frac{1}{5}$ y $\frac{1}{10}$ estos significan todo lo contrario, para poder relacionar los criterios con su respectivo grado de importancia. Se encuentran 3 tipos: igual de importante, importante y menos importante que son los calificativos que se consideran normales, también se encuentran los calificativos que son excesivamente importante y excesivamente menos importantes, estos dos últimos criterios se analizan con fracciones ($\frac{1}{5}$ y $\frac{1}{10}$) o el inverso de los números enteros antes definidos.

4) Se realiza la tabla de los criterios de priorización

Tabla 11 Criterios de priorización

Criterios	Ubicación geográfica	Tecnología y ciencia	Aspectos propios de C.H	Precio	Suma	Porcentaje
	Ubicación geográfica		5	1		
Tecnología y ciencia	0,2		0,2	1	1,4	0,05 %
Aspectos propios de C.H	1	5		10	16,0	0,54 %
Precio	5	1	0,1		6,1	0,21 %
Sumas					29,7	1

Elaborado por: El investigador

En la tabla 11 se realiza la comparación de los criterios para determinar cuál de los aspectos es el más influyente en nuestras alternativas energéticas, es importante que las intersecciones entre el mismo criterio se encuentren bloqueadas debido a que resultaría imposible comparar los mismos criterios, un ejemplo es: comparar los criterios de la ubicación geográfica con el criterio de tecnología y ciencia, se estableció un valor de 5, puesto que la ubicación geográfica es significativamente más importante que la tecnología y ciencia, esto se lo estableció con el Ing. Carlos Almeida encargado de proyectos especiales en el edificio TransElectric, es decir, al tratarse de alternativas energéticas que su ubicación geográfica es importante debido a la facilidad de la obtención de la materia prima que usan las alternativas energéticas al momento de generar electricidad.

Luego se suman los valores de cada fila para llegar a un total, después se obtiene un valor de porcentaje para cada uno de los criterios y poder determinar, cuál es el de mayor incidencia en las alternativas energéticas, para este caso se observa que el criterio de mayor influencia es el criterio de Aspectos propios del Centro Histórico con un 0,54 %, esto debido a que en este aspecto interviene la parte urbanística y paisajística del sector.

5) Crear una serie de matrices para cada uno de los criterios para ser comparadas con las alternativas.

- Criterio de Ubicación Geográfica

Tabla 12 Comparación por criterio de ubicación geográfica

Criterio (UBICACIÓN GEOGRÁFICA)	Eólica	Geotérmica	Solar	Biomasa	Suma	Porcentaje
Eólica	5	1	5	5	11	0,44
Geotérmica	1	5	5	5	11	0,44
Solar	0,2	0,2	5	1	1,4	0,06
Biomasa	0,2	0,2	1	5	1,4	0,06
Sumas					24,8	1

Elaborado por: El investigador

En la tabla 12 se observa la relación de los criterios con las alternativas, siendo cada una de ellas calificada con la escala de importancia que se definió en la tabla 10, con el fin de relacionar los criterios con las alternativas se debe vincular la filas con las

columnas, se analiza el grado de importancia que tiene el criterio con la alternativa dependiendo de la tabla que se esté analizando. Por ejemplo: para la tabla 12 se analiza el criterio de la ubicación geográfica al comparar la alternativa eólica con la geotérmica, se estableció una valoración de 1 lo cual significa que las dos alternativas tienen el mismo grado de importancia, debido a que la ubicación geográfica para estas dos alternativas energéticas es muy importante por lo tanto la materia prima para dichas alternativas no es de fácil acceso para el lugar objeto de estudio.

Como se puede apreciar en la tabla 12, el criterio de ubicación geográfica tiene más incidencia en las alternativas de energía eólica geotérmica con un 0,44% para cada una de ellas.

- **Criterio de Tecnología y Ciencia**

Tabla 13 Comparación por criterio Tecnología y Ciencia

Criterios (Tecnología y ciencia)	Eólica	Geotérmica	Solar	Biomasa	Suma	Porcentaje
Eólica		0,2	1	0,2	1,4	0,07
Geotérmica	5		5	1	11	0,55
Solar	1	0,2		0,2	1,4	0,07
Biomasa	1	0,2	5		6,2	0,31
Sumas					20	1

Elaborado por: El investigador

En la tabla 13 se puede apreciar la comparación de las alternativas energéticas respecto a el criterio de tecnología y ciencia, la alternativa eólica al ser comparada con la alternativas geotérmica se estableció una valoración de 0,2 esto quiere decir que la alternativa eólica en comparación con la alternativa geotérmica es significativamente menos importante con respecto a el criterio que se está evaluando que es tecnología y ciencia, debido a que la energía geotérmica aún no se encuentra en vías de desarrollo en el país.

○ **Criterio Aspectos propios del Centro Histórico**

Tabla 14 Comparación criterio Aspectos del Centro Histórico

Criterios (Aspectos propios de C.H)	Eólica	Geotérmica	Solar	Biomasa	Suma	Porcentaje
Eólica		1	0,2	0,2	1,4	0,05
Geotérmica	1		0,2	0,2	1,4	0,05
Solar	10	5		1	16	0,54
Biomasa	5	5	1		11	0,37
Sumas					29,8	1

Elaborado por: El investigador

En la tabla 14 se evalúan las alternativas energéticas tomando en consideración el criterio de aspectos propios de Centro Histórico, se observa que al momento de comprar la alternativa eólico con la alternativa geotérmica se estableció un 1, es decir, que ambos tienen el mismo grado de importancia, esto debido a que en el Centro Histórico para implementar estas dos alternativas energéticas habría que analizarlas

cuidadosamente para poder ser implementadas, debido a que la alternativa eólica requiere de una gran cantidad de espacio y genera contaminación paisajística, en el caso de la alternativa geotérmica requieren estudios y pruebas previos que no existen en dicho sector.

Al comparar las alternativas con el criterio de Aspectos propios del Centro Histórico, la alternativa que tiene mayor influencia por el criterio es la Energía Solar, debido a que se ajustan a las características propias del Centro Histórico (Ordenanzas municipales, Impacto ambiental y urbanístico) debido a que esta alternativa energética no genera emisiones de forma directa, no necesita de mucho espacio, se la puede instalar en techos o terrazas, la materia prima proviene del sol, esto significa que gratis, es la que más sobresale de las demás alternativas con un 0,54 %.

Criterio Precio

Tabla 15 Comparación de alternativas con el criterio de Precio

Criterios (Menor Precio)	Eólica	Geotérmica	Solar	Biomasa	Suma	Porcentaje
	Eólica		5	0,2		
Geotérmica	0,2		0,1	5	5,3	0,17
Solar	0,2	10		5	15,2	0,49
Biomasa	0,2	0,2	0,2		0,6	0,02
Sumas					31,3	1,00

Elaborado por: El Investigador

En la tabla 15 se realiza la evaluación de las alternativas energéticas con respecto a el criterio del menor precio, para el caso de la alternativa eólica en comparación de la alternativa geotérmica se estableció una valoración de 5 que es significativamente importante, esto debido a que la alternativa eólica es un poco más barata que la alternativa geotérmica (perforaciones, estudios, análisis de suelos).

Al realizar la comparación de alternativas vs criterio de Precio enfocado a la alternativa de menor costo, la alternativa que tiene mayor influencia por el criterio es la Energía Solar, esto debido a que esta energía no requiere demasiados estudios, la instalación no es muy costosa, y la materia prima se la encuentra en cualquier ubicación donde exista radiación.

RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Tabla 16 Resultados alternativas y criterios

	Ubicación geográfica	Tecnología y Ciencia	Aspectos propios de C.H	Precio (Menor Precio)
Criterios Alternativas	0,21	0,05	0,54	0,21
Eólica	0,44	0,07	0,05	0,33
Geotérmica	0,44	0,55	0,05	0,17
Solar	0,06	0,07	0,54	0,49
Biomasa	0,06	0,31	0,37	0,02

Elaborado por: El investigador

En la tabla 16 se puede observar el resultado de las ponderaciones (Porcentajes) de cada una de las alternativas que fue comparada tablas (11 a la 15) con los criterios que son:

- Ubicación Geográfica
- Tecnología y Ciencia
- Aspectos propios de Centro Histórico
- Menor Precio.

Por otro lado, en la tabla 17 se observa que, el punto más alto lo tiene la alternativa de la energía solar con 0,40 seguida de 0,23 de la energía biomasa esto debido a que el criterio más predominante es la de los Aspectos propios del Centro Histórico, este aspecto predominante dio como resultado en la comparación de criterios en la tabla 11 con un 0,54%.

Los valores mostrados en la tabla 17 son el resultado de la multiplicación de la ponderación de cada una de las alternativas con el resultado de las ponderaciones de los criterios es decir el 0,09259 proviene de la multiplicación del criterio de ponderación de la ubicación geográfica con el criterio de ponderación de la alternativa eólica:

$$0,21 * 0,44 = 0,09259$$

De esta manera se hace con todas las alternativas energéticas, luego se realiza la suma de forma vertical y horizontal de cada una de esas ponderaciones y debe dar como resultado 1 en ambos casos.

Tabla 17 Comparación de ponderaciones de las alternativas

Criterios Alternativas	Ubicación geográfica	Tecnología y ciencia	Aspectos propios de C.H	Precio (Menor Precio)	Total	
	Eólica	0,09259	0,00330	0,02531	0,06693	0,19
Geotérmica	0,09259	0,02593	0,02531	0,03478	0,18	
Solar	0,01178	0,00330	0,28925	0,09974	0,40	
Biomasa	0,01178	0,01461	0,19886	0,00394	0,23	
Total	0,21	0,05	0,54	0,21	1	1

Elaborado por: El investigador

Tras analizar las alternativas energéticas con el Ingeniero Carlos Almeida encargado de planificación urbana y el Ingeniero Danilo Libar del edificio TransElectric encargado de proyectos especiales (energías no convencionales), se llegó a la conclusión que la alternativa energética fotovoltaica es la más favorable, por ser la que más se ajusta a las características propias del Centro Histórico de Quito, debido a que la instalación de la planta fotovoltaica no requiere de una gran superficie en comparación a las otras energías no convencionales, su materia prima es gratis por provenir del sol (radiación solar), su implementación suele ser en: en las terrazas de las viviendas ,en paredes o en sitios estratégicos que no alteren las condiciones paisajísticas del Centro Histórico.

Mediante el INAMHI y la plataforma de la NASA de meteorología se logró obtener datos de radiación de la zona del período 2017 que serán procesados a través de programas para su análisis y tabulación.

Por medio de software especializado llamado Homer Pro que tiene una versión de prueba de 14 días que contiene la mayoría de las funciones desbloqueadas, se obtendrán una gráfica de la incidencia de radiación sobre los planes solares de la instalación. Se podrá observar el comportamiento de los diferentes instrumentos que componen el sistema fotovoltaico.

CÁLCULOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El sistema fotovoltaico estará compuesto por una serie de paneles solares conectados en serie y en paralelo, con un inversor que convertirá la energía generada por los paneles solares que es corriente en DC en AC para ser aprovechada por los electrodomésticos de la vivienda, un regulador que regulara la corriente eléctrica convertida por el inversor y un banco de baterías donde se almacenara la energía eléctrica producida en el día por parte de los paneles solares, para ser utilizada en el horario donde no exista radiación solar (noches) y en días donde exista poca radiación solar (días nublados)

Casa clase media

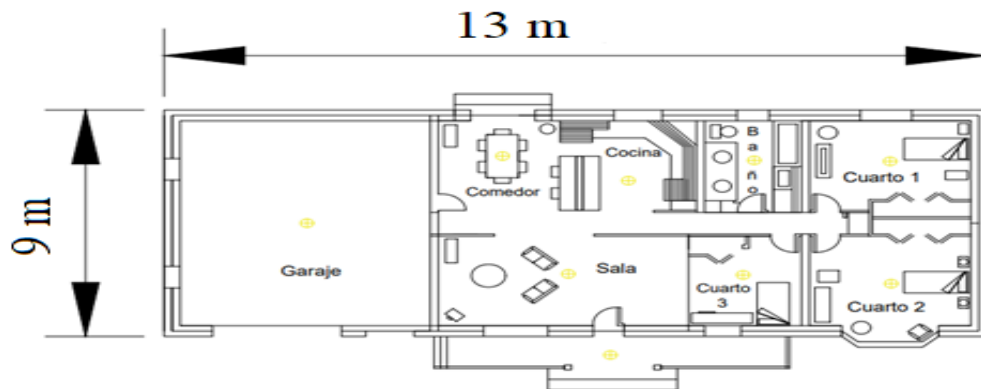


Figura 7 Plano de una casa familiar promedio de 4 personas en Quito

Fuente: El investigador

Elaborado por: El investigador

En la figura 7 se observa una vista de planta del plano de una vivienda promedio de 117 m², la misma consta de 3 habitaciones, una cocina, un baño, una sala, un comedor y un garaje, posee un consumo eléctrico estimado de 143,31 kW-h/mes. El equipamiento eléctrico de la misma se considera integrado por: 9 lámparas, 2 televisores, una refrigeradora, una lavadora, una computadora, un modem de internet, 4 cargadores de celulares y una plancha eléctrica; indicando un consumo promedio de 5298,5 W-h/día o 5,3 kW-h/día.

Tabla 18 Consumo diario de la vivienda

Descripción	Cantidad	Potencia (w)	Horas / día	Energía Día	Energía Consumida en 1 h
Lámparas	9	8	5	360	72
Tv	2	60	4	480	120
Refrigerador	1	165	24	3960	165
Lavadora	1	125	0,5	62,5	125
Computadora	2	30	2	120	60
Modem de Internet	1	4	24	96	4
Cargador de Celular	4	10	2	80	40
Plancha	1	700	0,2	140	700
SUMA				5298,5 W-h/ día	1286 W-h/ día

Elaborado por: El investigador

En la tabla 18 se puede apreciar cómo está conformado el consumo diario de una vivienda de una familia promedio de 4 personas.

Energía total a generar

Donde:

Factor de seguridad (γ): 10% =1,1 Es un valor variable que no se puede controlar debido a que son pérdidas que se generaría debido a la existencia de suciedad de los paneles (hojas secas), polvo sobre la superficie, excremento de aves que pondría en riesgo la efectividad de producir energía eléctrica, este valor se lo toma de una tabla de % de seguridad para sistemas fotovoltaicos.

Energía generada: 60% Es la cantidad de Watts que se requiere para hacer funcionar los electrodomésticos, lo que significa que habrá una pérdida del 40% que estará distribuida en arranque de motores (neveras, lavadoras), la energía que se disipa en el ambiente (lámparas, cables), electrodomésticos antiguos y eficiencia de los componentes del sistema fotovoltaico.

Energía extra: 20% Es la energía de que reserva el sistema fotovoltaico para ser utilizada en días nublados o lluviosos.

E. carga total: W que se consume en un día= 5298 W-h/día

$$\text{Energía Generada total} = \gamma(\text{Energía generada} + \text{E. Extra})$$

$$\textcircled{1} \text{ Energía Generada total} = 10\%(60\% + 20\%)$$

$$\textcircled{2} \text{ Energía Generada} = \frac{\text{E. carga total}}{\eta T}$$

Donde:

η_T :

- η_B : Eficiencia de baterías (80%)
- η_c : Eficiencia del inversor (85%)
- η_R : Eficiencia del regulador (95%)
- η_x : Eficiencia por otras pérdidas (95%)

$$\eta_T = \eta_B * \eta_c * \eta_R * \eta_x$$

$$\eta_T = 0,8 * 0,85 * 0,95 * 0,95$$

$$\textcircled{3} \quad \eta_T = 0,613$$

Sustituyo $\textcircled{3}$ en $\textcircled{2}$

$$\text{Energía Generada} = \frac{5298}{0,613}$$

$$\textcircled{4} \quad \text{Energía Generada} = 8642,74 \text{ (Wh/día)}$$

Energía extra

$$\text{E. Extra} = \lambda \text{ extra} * \text{Energía generada}$$

$$\text{E. Extra} = 0,2 * 8642,74$$

$$\textcircled{5} \quad \text{E. Extra} = 1728,55 \text{ (Wh/día)}$$

Sustituyo $\textcircled{4}$ y $\textcircled{5}$ en $\textcircled{1}$

$$\text{Energía Generada total} = \gamma(\text{Energía generada} + \text{E. Extra})$$

$$\text{Energía Generada total} = 1,1(8642,74 + 1728,55)$$

$$\textcircled{1} \quad \text{Energía Generada total} = 11409 \text{ (Wh/día)}$$

Energía proporcionada por un panel solar

Donde:

Ver anexo 3

W_p : Potencia nominal = 250 W

HSP: Horas de sol pico = 4,216 h (Dato obtenido del INAMHI)

V_{np} : Tensión nominal = 30,2 V

V_p : Tensión pico = 24 V (Regulador)

I_{cc} : Corriente de cortocircuito = 8,83 A

I_{MPA} : Corriente nominal = 8,26 A

$$E. \text{ panel} = W_p * HSP * \left(\frac{V_p}{V_{np}} \right)$$

$$E. \text{ panel} = 250 * 4,216 * \left(\frac{24}{30,2} \right)$$

$$\textcircled{6} \quad E. \text{ panel} = 837,62 \text{ Wh/día}$$

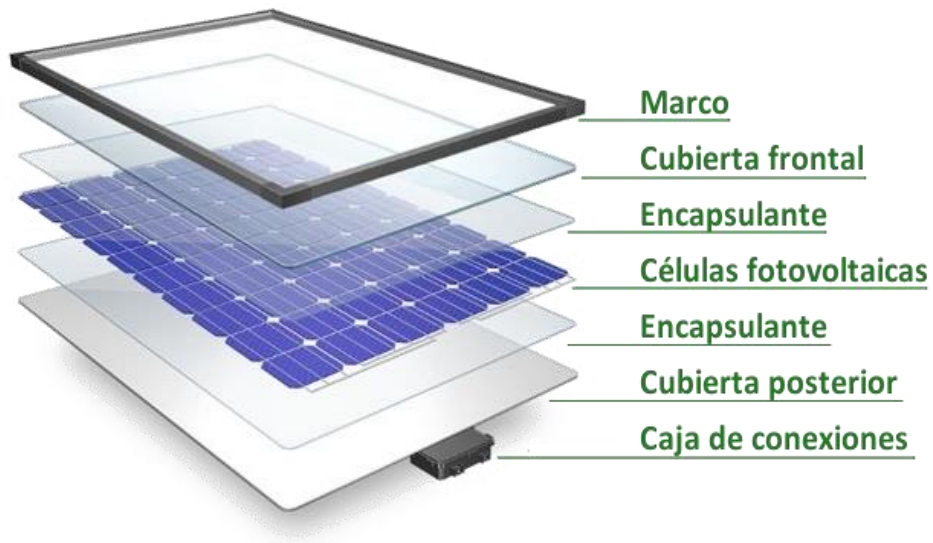


Figura 8 Panel policristalino y sus partes
 Fuente: (HelioEsfera, 2012)
 Elaborado por: El investigador

En la figura 8 se observa cómo está compuesto un panel policristalino.

Cálculo del número de paneles

$$\textcircled{7} \quad N_{Tp} = \frac{\text{Energía generada total}}{\text{E. panel}}$$

Sustituyo $\textcircled{1}$ y $\textcircled{6}$ en $\textcircled{7}$

$$N_{Tp} = \frac{11409 \text{ Wh/día}}{837,62 \text{ Wh/día}}$$

$$\textcircled{7} \quad N_{Tp} = 13,62 \approx 14 \text{ paneles}$$

Número de paneles en serie

Donde:

V_{np} : Voltaje nominal del panel = 24 V (Anexo 3)

Vnom: Voltaje al cual el sistema trabajará = 24 V

$$N_{ps} = \frac{V_{nom}}{V_{np}}$$

$$N_{ps} = \frac{24 \text{ V}}{24 \text{ V}}$$

$$\textcircled{8} \quad N_{ps} = 1$$

Número de paneles en paralelo

Donde:

N_{TP}: Número total de paneles

N_{ps}: Número de paneles en serie

$$\textcircled{9} \quad N_{pp} = \frac{N_{TP}}{N_{ps}}$$

Sustituyo $\textcircled{7}$ y $\textcircled{8}$ en $\textcircled{9}$

$$\textcircled{9} \quad N_{pp} = \frac{14}{1}$$

$$N_{pp} = 14$$

Configuración de paneles solares

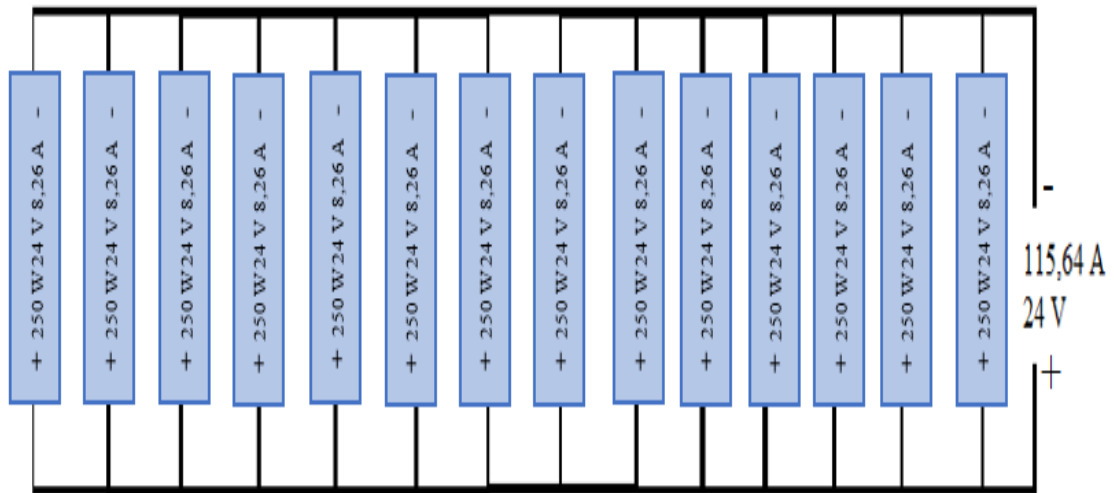


Figura 9 Arreglo de paneles solares en paralelo

Fuente: El investigador

Elaborado por: El investigador

En la figura 9 se observa cómo estará conformado el arreglo de los paneles solares, mismo que funcionará a 115,64 A esto debido a que cada panel opera a 8,26 A (ver anexo 3) dado que los paneles están en paralelo las corrientes de cada panel se suman, el arreglo de los paneles operará a 24 V y estará conformado por 14 paneles solares de 250 W de potencia.

Datos del arreglo

Energía diaria por cada panel= 837,62 Wh/día

Voltaje de panel= 24 V (Anexo 3)

Corriente del panel= 8,26 A

Número de paneles solares= 14

Número de paneles en serie= 1

Número de paneles en paralelo= 14

Dimensionamiento del regulador de carga

Donde:

% de seguridad: 25% = 1,25 Es un valor variable que no se puede controlar debido a que son pérdidas que se generaría debido a variaciones de voltajes que son el resultado de condiciones del ambiente, este valor se lo toma de una tabla de % de seguridad para sistemas fotovoltaicos.

N_{pp} = Número de paneles = 14

I_{cc} = Intensidad de corriente de corto circuito = 8,83 A

$$\text{Regulador} = \% \text{ Seguridad} * N_{pp} * I_{cc}$$

$$\text{Regulador} = 1,25 * 14 * 8,83$$

$$\text{Regulador} = 154,53 \text{ A}$$



Figura 10 Regulador de carga de un sistema fotovoltaico

Fuente: (CleanPress, 2012)

Elaborado por: El investigador

Dimensionamiento del inversor

Donde:

% Seguridad= 1,25 Es un valor variable que no se puede controlar debido a que son pérdidas que se generaría debido a variaciones de voltajes que son el resultado de condiciones del ambiente, este valor se lo toma de una tabla de % de seguridad para sistemas fotovoltaicos.

Potencial de carga: Consumo en 1 hora= 1286 W (ver tabla 18)

Fp: Factor de potencia = 0,8 (ver anexo 4)

$$\text{Sobre carga} = \frac{\text{Potencial de carga}}{Fp}$$

$$\text{Sobre carga} = \frac{1286 \text{ W}}{0,8}$$

$$\textcircled{10} \text{ Sobre carga} = 1607,5 \text{ W}$$

$$\textcircled{11} \text{ Sistema del inversor} = \% \text{ Seguridad} * \text{Sobre carga}$$

Sustituyo $\textcircled{10}$ en $\textcircled{11}$

$$\text{Sistema del inversor} = 1,25 * 1607,5 \text{ W}$$

$$\text{Sistema del inversor} = 2009,4 \text{ W}$$

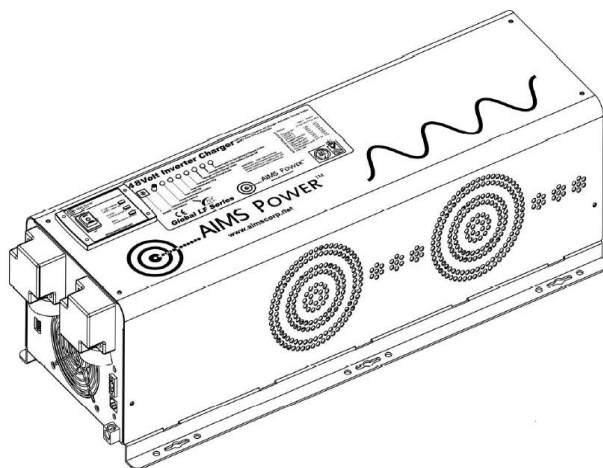


Figura 11 Inversor de un sistema fotovoltaico

Fuente: (CleanPress, 2012)

Elaborado por: El Investigador

Cálculo de baterías

El cálculo de baterías se lo realiza para determinar el número de baterías, la capacidad y sus niveles de carga y descarga que conformara el banco de baterías del sistema fotovoltaico.

Donde:

E. carga total: W que se consume en un día= 5298 Wh/día (tabla 18)

(D. aut+1): Días de autonomía que el sistema se mantendrá funcionando con las baterías si existiese poca radiación más 1 = (3+1)

V_{nom}: Voltaje nominal que va a trabajar el banco de baterías = 24 V

P_DMAX: Eficiencia de la profundidad de descarga de la batería = 80% = 0,8

η_{Inv}: Eficiencia del inversor = 90% = 0,9

η_{BD}: Eficiencia de transformar la energía química en energía eléctrica = 90% = 0,9

$$\text{Cap. nominal banco} = \frac{E. \text{ carga total} * (D. \text{ aut} + 1)}{V. \text{ nom} * P_{\text{DMAX}} * \eta_{\text{BD}} * \eta_{\text{Inv}}}$$

$$\text{Cap. nominal banco} = \frac{5298 * (3 + 1)}{24 * 0,8 * 0,9 * 0,9}$$

$$\textcircled{12} \quad \text{Cap. nominal banco} = 1362,65 \text{ Ah}$$

Número de baterías total

Donde:

Vnom: Voltaje nominal que va a trabajar el banco de baterías = 24 V

Cap. nominal banco: Capacidad nominal del banco de baterías = 1362,65 Ah

Vnom Bat: Voltaje nominal de la batería a utilizar = 12 V

C nom batería: Corriente nominal de la batería = 220 Ah

$$\textcircled{13} \quad \text{NBT} = \frac{V_{\text{nom}} * C_{\text{nom Banco}}}{V_{\text{nom Bat}} * C_{\text{nom Bateria}}}$$

Sustituyo $\textcircled{12}$ en $\textcircled{13}$

$$\text{NBT} = \frac{24 * 1363,65}{12 * 220}$$

$$\text{NBT} = 12,38 \approx 13 \text{ Baterías}$$

Número de baterías en serie

$$\text{NBS} = \frac{V_{\text{nom}}}{V_{\text{nom Bat}}}$$

$$NBS = \frac{24 \text{ V}}{12 \text{ V}}$$

$$\textcircled{15} \quad NBS = 2 \text{ Bateria en serie}$$

Número de baterías en paralelo

$$\textcircled{16} \quad NBP = \frac{NBT}{NBS}$$

Sustituyo $\textcircled{15}$ en $\textcircled{16}$

$$NBP = \frac{13}{2}$$

$NBP = 6,5 \approx 7$ Juegos de baterías en paralelo

Configuración de baterías

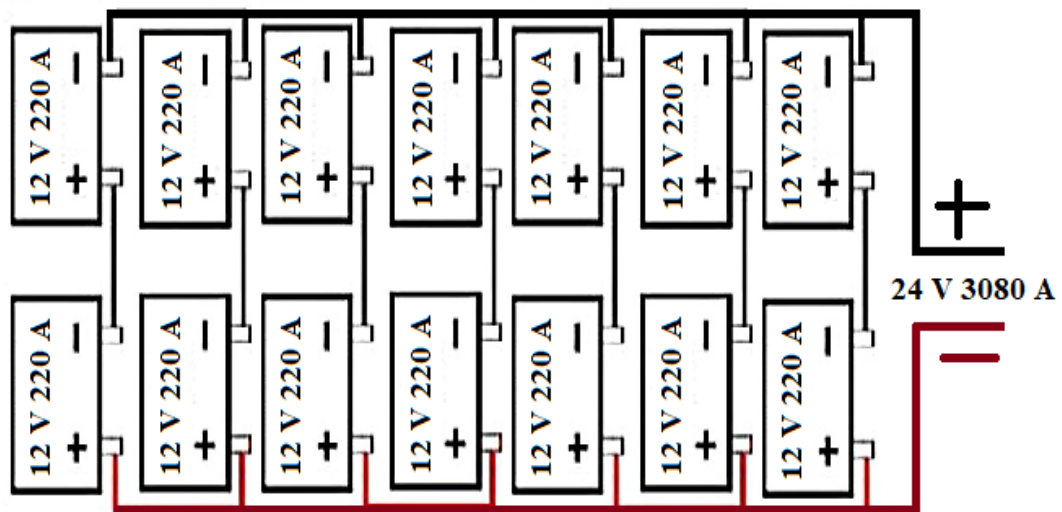


Figura 12 Banco de baterías del sistema fotovoltaico

Fuente: El investigador

Elaborado por: El investigador

En la figura 12 se observa el arreglo del banco de baterías que está conformado por un juego de 7 baterías en paralelo, debido a que el cálculo de las baterías en paralelo

dio como resultado 6,5 se lo aproximó al inmediato superior que es 7, es por eso, que se aumentó una batería al banco y estará compuesto por 14 baterías, esto no altera el funcionamiento del sistema fotovoltaico al contrario beneficia al sistema debido a que el banco de baterías poseerá mayor capacidad de almacenar energía eléctrica.

Máxima corriente de carga y descarga de las baterías

Donde:

C5: Corriente máxima de carga de la batería = 220 Ah durante 5 horas

C20: Corriente máxima para descargar la batería = 220 Ah durante 20 horas

Corriente máxima de carga

$$\textcircled{17} \quad C_{20} \text{ Banco} = NBP * C_{20}$$

Sustituyo $\textcircled{16}$ en $\textcircled{17}$

$$C_{20} = 7 * \frac{220 \text{ Ah}}{20 \text{ h}}$$

$$C_{20} = 77A$$

$$\textcircled{18} \quad C_5 \text{ Banco} = NBP * C_5$$

Corriente máxima de descarga

$$\textcircled{19} \quad C_5 \text{ Banco} = NBP * C_5$$

Sustituyo ⑫ en ⑬

$$C5 \text{ Banco} = 7 * \frac{220 \text{ Ah}}{5 \text{ h}}$$

$$C5 \text{ Banco} = 308 \text{ A}$$

Dimensionamiento de cables

Sistema de Paneles fotovoltaicos

Donde:

F.C: # de conductores (en este caso es una conexión monofásica) = 1

F.T: Factor de corrección de temperatura (0 a 30 °C) = 1

In: corriente nominal de los paneles = 115,64 A

$$I_c = I_n * \frac{1,25}{F.T * FC}$$

$$I_c = 115,64 \text{ A} * \frac{1,25}{1 * 1}$$

$$I_c = 144,55 \text{ A}$$

Se ubica el valor de I_c en la tabla de capacidad de corriente permisible a través de conductores de cobre (Anexo 1).

En la tabla se ubica la corriente 144,55 A y da la sección transversal del conductor que es 67,7 mm² o un calibre N^o AWG 2/0.

Para la canalización del conductor se lo ubica ese valor en la tabla Máximo número de conductores en tubería de diámetro convencional (Anexo 2).

En la tabla se ubica el calibre del cable N⁰ AWG 2/0 y se busca el número de conductores que se quiere pasar por la tubería y se halla que la canalización es de 50,8 mm o 2 pulgadas.

Regulador de carga

Donde:

F.C: # de conductores (en este caso es una conexión monofásica) = 1

F.T: Factor de corrección de temperatura (0 a 30 °C) = 1

In: corriente nominal del regulador = 154,53 A

$$I_c = I_n * \frac{1,25}{F.T * FC}$$

$$I_c = 154,53 \text{ A} * \frac{1,25}{1 * 1}$$

$$I_c = 193,16 \text{ A}$$

Se ubica el valor de I_c en la tabla de capacidad de corriente permisible a través de conductores de cobre (Anexo 1).

En la tabla se ubica la corriente 193,16 A y se encuentra la sección trasversal del conductor que es 107,5 mm² o un calibre N⁰ AWG 4/0.

Para la canalización del conductor se lo ubica ese valor en la tabla Máximo número de conductores en tubería de diámetro convencional (Anexo 2).

En la tabla se ubica el calibre del cable N^o AWG 4/0 y se busca el número de conductores que se quiere pasar por la tubería y se halla que la canalización es de 50,8 mm o 2 pulgadas.

Banco de baterías

Donde:

F.C: # de conductores (en este caso es una conexión monofásica) = 1

F.T: Factor de corrección de temperatura (0 a 30 °C) = 1

In: corriente nominal de las baterías = 3080 A

$$I_c = I_n * \frac{1,25}{F.T * FC}$$

$$I_c = 3080 \text{ A} * \frac{1,25}{1 * 1}$$

$$I_c = 3850 \text{ A}$$

Se ubica el valor de I_c en la tabla de capacidad de corriente permisible a través de conductores de cobre (Anexo 1).

En la tabla se ubica la corriente 3850 A y 10 conductores en paralelo de una sección transversal de 700.000 mil circ o de una sección 354,7 mm.

Para la canalización del conductor se lo ubica ese valor en la tabla Máximo número de conductores en tubería de diámetro convencional (Anexo 2).

En la tabla se ubica la sección transversal de 700.000 mil circ y busca el número de conductores que se quiere pasar por la tubería y se halla que la canalización es de 380 mm² mm o $3\frac{1}{2}$ pulgadas.

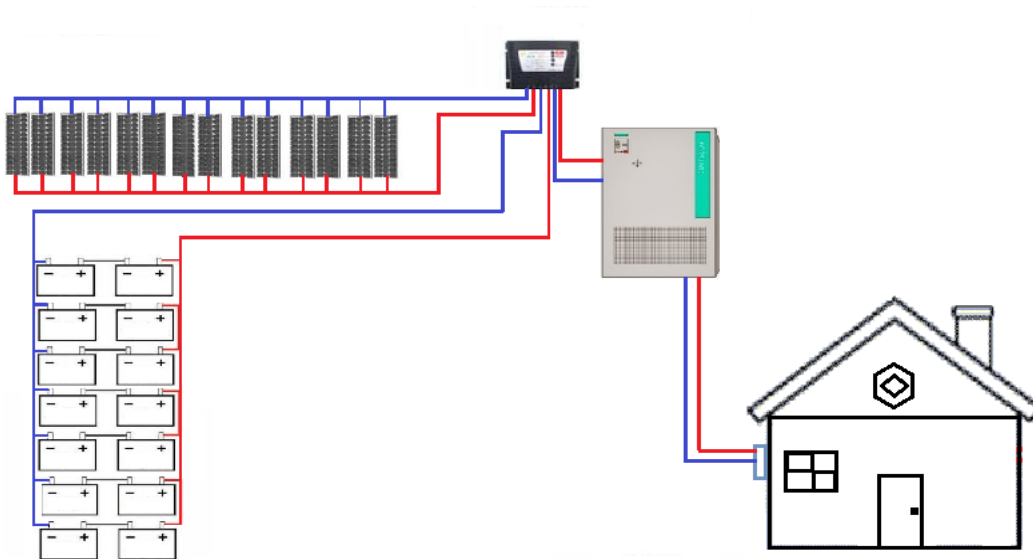


Figura 13 Sistema fotovoltaico en una vivienda típica del sector residencial

Fuente: El investigador

Elaborado por: El investigador

Tasa de retorno energético del sistema fotovoltaico

El TER indica cuanta energía se obtiene de un proceso de producción energético en comparación a la cantidad de energía que se necesita para producir una nueva unidad de esa energía (convencional o no convencional), el TER de los procesos de producción energéticos es comparado en la tabla de eficiencias de energías para determinar su nivel de aprovechamiento del mismo.

Cálculo de emisiones de CO₂ totales de fabricación de un sistema fotovoltaico

- La energía necesaria para fabricar un sistema fotovoltaico

Cuando se fabrica un sistema de energía solar fotovoltaico se produce una huella de 34,3 g CO₂ por cada kW generado. (Vegas, La Nacion, 2014)

Donde:

Energía generada por parte del sistema (25 años) = 104.059,2 kW

Huella de carbono Sist. Foto = 1 kW ~ 34,3 g CO₂

$$\text{E. generada (kW)} * \text{Huella de Carbono Sist. Foto} \left(\frac{\text{kg de CO}_2}{\text{kW}} \right) = \text{kg de CO}_2$$

$$104059,2 \text{ (kW)} * 0,0343 \left(\frac{\text{kg de CO}_2}{\text{kW}} \right) = 3.569,23 \text{ kg de CO}_2$$

- Para el cálculo de la energía invertida en la elaboración de un sistema fotovoltaico se lo puede calcular de la siguiente manera:

Donde:

Factor de emisiones de CO₂ de la energía convencional = 0,385 (Kg de CO₂/kW-h)

Total de emisiones del Sis. Foto= 3569,23 kg de CO₂

$$\text{Ene. invertida en el Sis. Foto} = \frac{3569,23 \text{ kg de CO}_2}{0,385 \text{ kg de CO}_2/\text{kW} - \text{h}} = 9270,73 \text{ kW} - \text{h}$$

Para el cálculo de la energía invertida en el sistema fotovoltaico se multiplica la generación total del sistema fotovoltaico (104059,2 kW) con la Huella de carbono de un sistema fotovoltaico (34,4 g CO₂), lo que da como resultado las emisiones totales que se generadas por cada kW generado por el sistema.

El cálculo de la energía total invertida para la fabricación del sistema fotovoltaico se la calcula dividiendo las emisiones totales de CO₂ (3569,23 kg de CO₂) sobre

el factor de emisiones de la energía eléctrica (0,385 kg de CO₂/kW-h) (ONU, 2012).

Dando como resultado que se invirtió aproximadamente 9270,73 kW-h en la fabricación del sistema fotovoltaico.

Cálculo de la Tasa energética de retorno (TER)

La energía obtenida: Es toda la energía que el sistema genera a lo largo de su vida útil es de 104.159,2 Kw

Energía invertida: Es toda la energía que se utilizó para que el sistema genere energía eléctrica, por ejemplo: energía utilizada en instalación de los paneles, energía eléctrica utilizada en su producción (forma directa e indirecta) = 9270,73 kW

$$\text{TER} = \frac{\text{Energía Obtenida}}{\text{Energía invertida}}$$

$$\text{TER} = \frac{104159,2 \text{ (kW - h)}}{9270,73 \text{ (kW - h)}}$$

$$\text{TER} = 11,23$$

Se obtuvo como resultado una razón de 11,23, esto quiere decir que por cada kW invertido en el sistema fotovoltaico se obtienen 11,23 kW, el TER para este tipo de energía renovable se encuentra ubicado en la tabla 19 en el intervalo 3 - 30 de razón, es un TER que cumple con la expectativa, tiene un valor bajo debido a la capacidad del sistema es igual. (Ballenilla, 2015)

Tabla 19 Eficiencia de energías

Descripción	Eficiencia
Energía fotovoltaica	3 - 30
Petróleo	5 - 40
Arenas Asfálticas	0 - 3
Gas natural	7 - 23
Carbón	70 - 85
Hidroeléctrica	20 - 40
Aerogeneradores	30 - 40

Elaborado por: El investigador

En la tabla 20 se observa una comparación de la energía fotovoltaica con la energía hidroeléctrica, se pueden notar ciertas diferencias tales como: las afectaciones medio ambientales con respecto a la energía fotovoltaica, los residuos que generan por parte de residuos contaminantes de los compuestos químicos que poseen al cumplir su tiempo de vida útil (paneles solares y baterías), y por el lado de la energía hidroeléctrica la alteración al ecosistema flora y fauna de la vida acuática, y pérdidas de zonas cultivables por embalsar el agua y no permitir su caudal de una manera natural.

El precio de generación de cada una de estas energías, la eficiencia energética del proceso y las opciones de construcción de cada uno de estos sistemas para la obtención de energía eléctrica. La similitud que tienen estas dos energías es la no generación de emisiones de CO₂ a la atmósfera de una forma directa, únicamente de manera indirecta (al momento de su construcción y elaboración).

Tabla 20 Comparación de energías

Energías	Emisiones	Afectaciones al medio ambiente	Costo de generación del (\$ kW)	Facilidad de instalación	Eficiencia energética
Fotovoltaica	No se producen emisiones de CO2 de forma directa, únicamente de una forma indirecta (al momento de su construcción y elaboración).	<ul style="list-style-type: none"> ○ En el manejo de residuos contaminantes de los compuestos químicos que poseen los paneles fotovoltaicos al concluir su tiempo de vida útil. ○ En el manejo de residuos contaminantes de los compuestos químicos que poseen las baterías al concluir su tiempo de vida útil. 	\$0,075	<ul style="list-style-type: none"> ○ Se tiene como opción la construcción de grandes gangas solares para la captación de radiación solar para una mayor generación sin afectar al suelo. 	De 10 a 30
Hidroeléctrica	No se producen emisiones de CO2 de forma directa, únicamente de una forma indirecta (al momento de su construcción y elaboración).	<ul style="list-style-type: none"> ○ Alteración al ecosistema flora y fauna de la vida acuática, y pérdidas de zonas cultivables. 	\$ 0,32	<ul style="list-style-type: none"> ○ Se a optado por la construcción de mini hidroeléctricas para evitarla construcción de embalses que afectan las condiciones medio ambiente del ecosistema. 	De 20 a 40

Elaborado por: El investigador

Energy Payback Time (EPBT)

Es el tiempo de generación de energía eléctrica, que le toma al sistema producir la energía que se utilizó durante la construcción y la elaboración de este. (Terra Org, 2010)

Donde:

Energía invertida = 9270,73 kW-h

Energía generada anual = 4162 kW-h/añual

$$\text{EPBT} = \frac{\text{Energía invertida}}{\text{Energía generada anual}}$$

$$\text{EPBT} = \frac{9270,73}{4162}$$

$$\text{EPBT} = 2,22 \approx 2,5 \text{ años}$$

Se puede apreciar que para un período aproximado de 2 años y medio se puede recuperar toda la energía invertida en la elaboración y construcción del sistema fotovoltaico.

SELECCIÓN DE ELEMENTOS COMERCIALES

A continuación se presenta la selección de los elementos necesarios para la construcción del sistema fotovoltaico tomando como referencia las fichas técnicas, de las casar comerciales.

Panel solar 250 W 12 v

Tabla 21 Tipo de paneles fotovoltaicos

Descripción	Ventajas	Desventajas
Monocristalinos	<ul style="list-style-type: none"> • Los paneles monocristalinos son más puros esto debido a están hechos de una sola semilla de cristal, que se encuentra en la naturaleza o se crea en un laboratorio es por eso, que se obtiene una superficie más uniforme y lisa en comparación de los paneles del tipo policristalinos. • Tienen un menor peso que los paneles policristalinos. • Tienen una mayor eficiencia que los paneles policristalinos que va de 16% al 23% esto debido a su grado de pureza del silicio que se utiliza en su elaboración. 	<ul style="list-style-type: none"> • El precio es más elevado a los otros tipos de paneles solares, se los encuentra entre los \$175 a \$200 los paneles de 250 W de 12 V • El proceso de fabricación toma más tiempo que los otros paneles solares. • El producir este tipo de paneles solares es más caro que los paneles policristalinos y los Thin Film.
Policristalinos	<ul style="list-style-type: none"> • Tienen una eficiencia a bastante aceptable que va desde el 15% al 18% dependiendo de las condiciones ambientales y de la radiación. • Su precio es bastante módico en comparación de los paneles tipo mono cristalinos, se los encuentra entre los \$155 a \$176. • Su tiempo de vida útil va desde 23 a los 27 años, esto puede variar según las condiciones de la instalación, la radiación y el cuidado que se le dé a los paneles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tienen una tolerancia de calor menor que módulos monocristalinos • La producción de energía fotovoltaica requiere de mayor espacio que un panel solar mono cristalino. • Tiene dimensiones un poco más grandes, y peso en relación con los paneles monocristalinos esto debido a su composición.
Thin Film	<ul style="list-style-type: none"> • Su precio en relación de los otros tipos de paneles solares es muy bajo, se los encuentra entre los \$98 a \$110 dependiendo l marca. • Su proceso de fabricación es muy sencillo y no requiere de utilizar demasiada electricidad. • Son flexibles y se los puede ubicar en superficies con esquinas y rodearlas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su tiempo de vida es muy reducido en comparación de los demás tipos de paneles solares. • Su eficiencia es muy limitada tiene un promedio de 9 % • No soporta altas temperatura, es por es su bajo nivel de eficiencia.

Elaborado por: El investigador

En la tabla 21 se puede observar las 3 opciones de paneles solares que se podrían utilizar en el sistema fotovoltaico. La mejor opción en cuanto a paneles solares para ser ubicados en las viviendas ubicadas en el Centro Histórico de la ciudad de Quito son los paneles policristalinos por precio y rendimiento con un total de \$180 y un 17 % de rendimiento con un tiempo de vida o de garantía que da el fabricante de 23 a 27 años dependiendo el mantenimiento que se le dé y la temperatura que trabaje el panel solar, el mantenimiento consiste en; limpieza de sus superficies en el caso de que existan hojas que caigan de los árboles o a su vez del polvo que se pudiera adherir a la superficie del panel, los paneles policristalinos estas compuestos de silicio son un poco más económicos que los mono cristalinos y más eficientes que los de tipo Thin Film, se utiliza menos electricidad y el tiempo en su fabricación en menor que los otros tipos.

CONTROLADOR DE CARGA

Regulador de 200 A y 24 V

En la tabla 22 se puede observar dos tipos de reguladores los PWM y los MPPT ambos sirven y funcionan muy bien en instalaciones fotovoltaicas, pero la diferencia más significativa que se encuentra en el tipo MPPT, son utilizadas para instalaciones de mediana y alta potencia, y que estos reguladores pueden trabajar con voltajes de paneles de 12, 24 y 48 Voltios, regulan la caída de tensión al mínimo y son 30% más eficientes que los del tipo PWM (Pulse width modulation) es por eso que la mejor opción en cuanto a controladores son los de tipo MPPT (Maximum Power Point Tracker) por ser una instalación de mediana potencia y un mayor rendimiento.

Tabla 22 Tipos de reguladores de carga para un sistema fotovoltaico

Descripción	Costo (200 A 24 V)	Ventajas	Desventajas
Regulador PWM	\$360	<ul style="list-style-type: none"> • Menor costo que los MPPT. • Ideal para instalaciones pequeñas o de baja potencia. • Diseño compacto y robusto. • Fácil operación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para baterías de plomo. • Para instalaciones pequeñas de baja generación. • Tienen una mayor caída de tensión. • No aprovecha al máximo la capacidad generadora d los paneles solares si las baterías necesitan 12 v y el panel produce 16 suministra solo los 12 v y los 4 los desecha.
Regulador MPPT	\$575	<ul style="list-style-type: none"> • Trabaja en temperaturas de -35°C~55°C. • 30 % más eficiente que los modelos PWM. • Sirve con cualquier tipo de batería. • Para instalaciones medianas y grandes. • Regulan la caída de tensión al mínimo. • Se pueden usar diferentes tipos voltaje en paneles 12, 24, 48 Voltios de paneles. • Mantiene siempre el panel a su máxima potencia en el caso ideal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Más costos que los PWM. • Tiene un mayor tamaño que los PWM. • En instalaciones pequeñas es difícil la proporcionalidad del costo en relación con la capacidad generada.

Elaborado por: El investigador

Batería 12 V 220 A

Tabla 23 Tipos de baterías para sistemas fotovoltaicos

Descripción	Costo (220 A 12 V)	Ventajas	Desventajas
Baterías de gel	\$130	<ul style="list-style-type: none"> • Baterías selladas. • Resisten descargas profundas. • No requieren mantenimiento. • 10 años de vida útil • Trabaja a temperaturas de -10 a 35 °C. • Con descargas del 25% soporta hasta 2500 ciclos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posee efecto memoria en sus ciclos de carga y descarga. • No se pueden ubicar de forma horizontal porque el gel puede deslizarse y obstruir su compartimiento y reducir la capacidad de almacenar. • Contaminan el ambiente si no son recicladas correctamente.
Baterías de Plomo	\$90	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo en relación con las de gel o las de litio. • Posee una estructura de policarbonato, y no ocupan mucho espacio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posee efecto memoria. • Requieren de mantenimiento. • Contaminan el ambiente si no son recicladas correctamente. • Tiempo de vida útil 3 años. • Temperatura óptima de trabajo es de 25 °C.
Baterías de litio	\$330	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de vida 10 años de garantía. • Con descargas de 10% soporta 3200 ciclos. • No posee efecto memoria. • No tienen variación de potencia. • No ocupan mucho espacio. • Es la de menor peso en relación con las otras baterías. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo en relación con las otras baterías. • Contaminan el ambiente si no son recicladas correctamente.

Elaborado por: El investigador

En la tabla 23 se observa los diferentes tipos de baterías más frecuentes usadas en los sistemas fotovoltaicos, existen 3 tipos que son los más utilizados. Para el sistema fotovoltaico se eligió las baterías de gel más conocidas como baterías de descarga profunda (soportan un mayor nivel de descarga que las baterías de plomo), estas están compuestas por una mezcla de electrolitos con silicona que no permiten que se generen gases al calentarse, no requiere de mantenimientos, trabajan perfectamente en temperaturas que van desde -10°C hasta los 35°C , en comparación de precios con las baterías de plomo se ve una diferencia de \$40, pero vale la pena la inversión por motivos como el rendimiento, los años de vida útil o garantía que da el fabricante.

Inversor 2000 VA 24 V

En la tabla 24 se observa los diferentes tipos de inversores que se utilizan en sistemas fotovoltaicos.

Para el caso del sistema fotovoltaico para una vivienda se eligió el inversor Conectado a la red (Mixto) debido a que el sistema fotovoltaico habrá días que generara un poco más de lo necesario requerido para una vivienda que sería aportado al SIN (Sistema Interconectado Nacional), o en el caso de que existan días lluviosos o que este muy nublado y sobre pasen el valor de días de autonomía de las baterías, este inversor inyectara energía eléctrica desde la red a las baterías para que se carguen y a la vivienda para que trabajen normalmente los equipos electrónicos que se encuentren conectados a los tomacorrientes.

Tabla 24 Tipos de Inversores usados en sistemas fotovoltaicos

Descripción	Costo (6000 Va 24 V)	Ventajas	Desventajas
Conectado a la red (Mixto)	\$650	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando los paneles generan energía el inversor da energía a la vivienda y carga las baterías y la energía restante la inyecta a la red para ser comercializada por medio de un contador bidireccional. • Cuando la energía requerida por la vivienda, y el banco de baterías no logran suplir esa demanda el inversor proporciona energía de la red inyectándola en las baterías y en la vivienda. • Si no hay consumo en la vivienda por parte de los electrodomésticos el inversor carga las baterías y luego la energía generada por los paneles solares la inyecta a la red. • Es más amigable con las baterías del sistema al mantenerla siempre cargadas y con un bajo nivel de descarga. • Posee un breaker incorporado que protege el sistema en caso de un cortocircuito o alguna sobre corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los permisos para venderle energía al país por medio de un sistema solar fotovoltaico son muy costosos y hay que cumplir ciertas normas y requerimientos y que aprueban esa solicitud para inyectar energía al SIN lleva mucho tiempo. • Mayor costo que los inversores sin conexión a red, debido a que es un inversor inteligente
Sin conexión a la red	\$320	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo en relación con los inversores conectados a la red o mixtos. • Provee independencia energética, energía limpia y de largo plazo. • Se les puede integrar un sistema de monitoreo y contra vía wifi para ver los consumos máximos y mínimos de la vivienda. 	<ul style="list-style-type: none"> • El costo es más alto debido a la integración de baterías para asegurar los días de autonomía. • En caso de que la carga de las baterías se agote y el panel deje de producir el inversor deja de funcionar y el sistema colapsa.

Elaborado por: El investigador

Resumen de Panel Fotovoltaico

En la tabla 25 se observa las características técnicas del panel solar que se eligió para el sistema fotovoltaico se consideró: costo, eficiencia, tamaño.

El sistema fotovoltaico estará compuesto por 14 paneles solares y que son de una potencia de 250 W con un voltaje de 24 VDC y de la marca FuturaSun.

Tabla 25 Resumen del panel fotovoltaico

Descripción	Valor	Unidades
Potencia nominal	250	W
Eficiencia del Panel	15,3	%
Tensión máxima de potencia (Vmmp)	30,2	V
Voltaje de circuito abierto (Voc)	37.55	V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8.83	A
Voltaje del panel	24	V
Peso	17,7	kg
Dimensiones	1,4	m ²
Marca	FuturaSun	
Modelo	FU250-W	
Tipo	Policristalino	

Elaborado por: El investigador

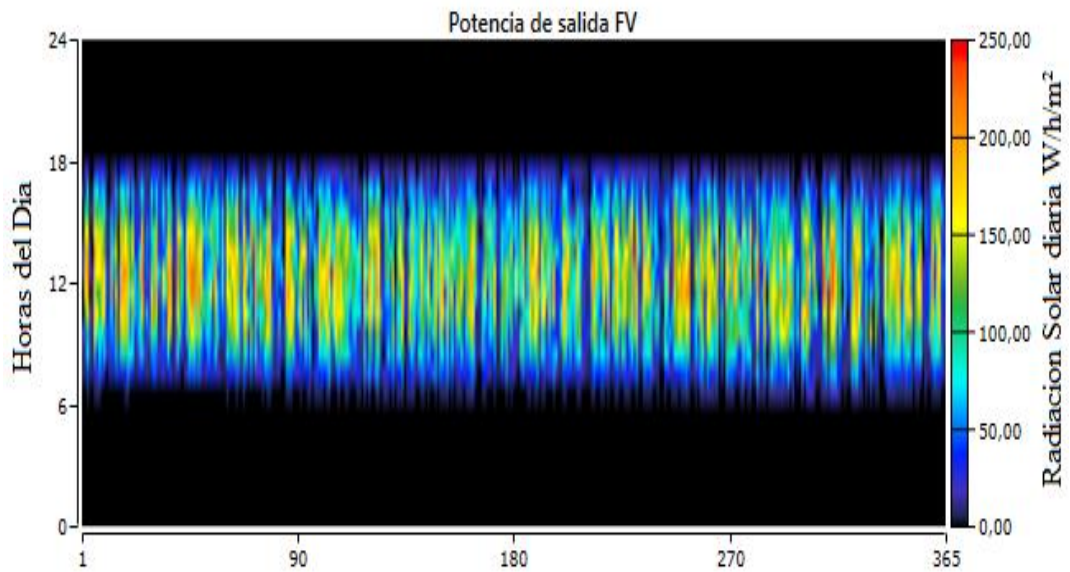


Figura 14 Generación de electricidad horas vs días
 Fuente: Homer Pro
 Elaborado por: El investigador

En la gráfica 14 generada por el software Homer Pro se puede apreciar la incidencia de la radiación solar sobre un panel solar en el transcurso del día, los paneles solares generarán energía eléctrica en el horario de 6:00 am hasta las 18:00 pm, debido a que en ese horario existe radiación solar, se observa que en el horario donde existe mayor incidencia de la radiación sobre los paneles solares es en el horario de 11:30 am a 15:00 pm horas, los paneles pueden generar electricidad para ser utilizada en la vivienda y la sobrante será almacenada en las baterías o a su vez podría ser vendida al SIN.

Batería

Tabla 26 Características de la Batería

Descripción	Valor	Unidades
Capacidad nominal	220	A
Voltaje	12	V
Tipo	Gel	
Ciclos de carga y descarga a un 25%	2500	Ciclos
Marca	Classic OPzS Solar	
Modelo	OPzS Solar 305	
Rendimiento de la vida útil	9000	kW-h
Expectativa de vida	10	Años

Elaborado por: El investigador

En la tabla 26 se observan las características principales de las baterías que conformarán el sistema fotovoltaico son marca Classic OPzS Solar con una capacidad de 220 A y 12 V, son de tipo gel con un promedio de ciclos de carga de 2500 aproximadamente, estas baterías fueron seleccionadas debido a sus características propias como: precio, rendimiento y por ser las más recomendadas para sistemas fotovoltaicos medias.

Tabla 27 Conexiones de las baterías

Descripción	Valor
En serie	2
En paralelo	7
Baterías	14
Voltaje del Sistema	24 V
Capacidad del banco de baterías	3080 Ah

Elaborado por. El investigador

En la tabla 27 se observa como estarán conectadas las baterías del sistema fotovoltaico donde existirá 2 baterías en serie y 7 juegos de baterías en paralelo es por eso que el banco de baterías estará compuesta por 14 baterías en cálculo que se realizó en la ecuación 13, donde se obtendrá 24 V y 3080 Ah, está un poco sobredimensionado para el sistema, esto se debe a que si tienen 4 días de autonomía por parte del banco de baterías, en el caso de que no existiera radiación dentro de 4 días (días nublados, lluviosos).

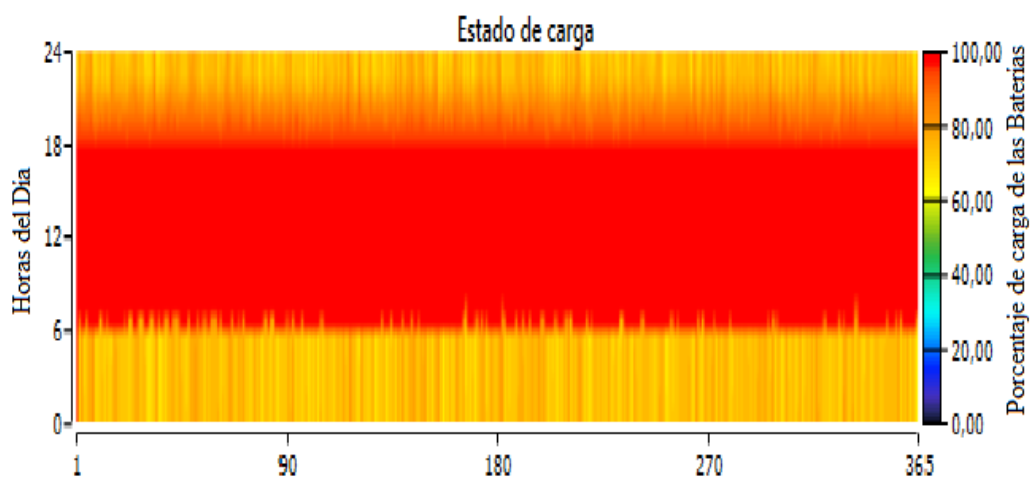


Figura 15 Estado de carga de las baterías

Fuente: Homer Pro

Elaborado por: El investigador

En la gráfica 15 generada por Homer Pro, representa las horas del día donde el banco de baterías estará funcionando (carga-descarga), el porcentaje de carga y descarga del banco de baterías del sistema fotovoltaico.

Las baterías se mantendrán cargadas durante el día, mientras que por las noches se consumirá su carga llegando hasta el 55% del total de su carga.

Inversor

Tabla 28 Características del inversor

Cantidad	Valor	Unidades
Capacidad	3000	W
Voltaje	24	V
Tipo	Mixto	
Eficiencia	95	%
Forma de onda de salida	Onda sinusoidal pura	
Tensión de salida nominal	100-110-120	Vac
Marca	AIMS Power	
Modelo	AIMS Power 3000 Watt 24 VDC	

Elaborado por. El investigador

En la tabla 28 se observan las características principales del inversor que se va a utilizar en el sistema fotovoltaico, se requiere de un inversor de 2009,4 W debido a que en el mercado no existe un inversor con esa capacidad se eligió uno que se asemeje a esa capacidad y se encontró un inversor de una capacidad de 3000 W de marca AIMS Power que trabajara a 24 V en DC al igual que los paneles solares.

Regulador

Tabla 29 Características del regulador

Descripción	Valor	Unidades
Capacidad	200	A
Voltaje	24	V
Temperatura ambiente	-25 A 55	°C
Voltaje perdido en carga	≤ 0.26	V
Voltaje perdido en la descarga	≤ 0.15	V
Manera de enfriamiento	1	Ventilador
Marca	ESG 100	
Modelo	ESG MPPT 200A 24	

Elaborado por: El investigador

En la tabla 29 se observa las características principales del regulador que se eligió para el sistema fotovoltaico que posee una capacidad de 200 A y trabaja con 24 V de marca ESG 100, en el sistema fotovoltaico se requiere un inversor de 154,53 A, pero debido a que no existe un regulador con esa capacidad se tomó de los catálogos el que más se asemeje a esa capacidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se analizarán e interpretarán los datos obtenidos a través del INAMHI (radiación), que tuvo toda la apertura para proporcionar la información solicitada.

Mediante softwares especiales, se podrá graficar y analizar el comportamiento de los diferentes componentes del sistema fotovoltaico (Homer Pro) que es un programa de simulación de energías renovables donde se puede observar el comportamiento de cada uno de los elementos que lo conforman.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Resumen del Sistema Fotovoltaico

El sistema fotovoltaico generará 104.059,2 kW en 25 años que es el tiempo de garantía que dan los fabricantes a los clientes, tendrá un costo de \$7.840, el sistema fotovoltaico está conformado por: 14 paneles solares, 13 baterías, un regulador y un inversor y ocupará una superficie de 19 m².

Resumen de costos

En la tabla 30 se observa el costo total de los implementos que conforman un sistema fotovoltaico.

Tabla 30 Costos del sistema fotovoltaico

Descripción	Marca	Cantidad	Precio U	Potencia (W)	Voltaje (V)	Amperios (A)	Precio
Panel solar	FuturaSun	14	\$155	250	24		\$2.170
Inversor	AIMS Power	1	\$650	3000	24		\$650
Regulador	ESG 100	1	\$575		24	200	\$575
Baterías	Classic OPzS Solar	13	\$130		12	220	\$1.690
Estructura de panel	Yuens 1x3	5	\$35				\$175
Cable (Metros)		15					\$140
Mantenimientos en 25 años		2 anual	\$15				\$750
Reemplazo de baterías	Classic OPzS Solar	13	\$130		12	220	\$1.690
Costo Total							\$7.840

Elaborado por: El investigador

A este sistema se le realiza dos mantenimientos anuales que consiste en limpieza de los paneles por hojas o polvo que cubran la superficie del panel para evitar que se quemen las celdas y el panel funcione correctamente.

Resumen de Costos de la Energía

En la tabla 31 se puede observar los costos de generación del kW de la energía de un sistema fotovoltaico utilizando método que se tomó de un estudio realizado por la Universidad Politécnica Nacional realizado por el Ingeniero

Ernesto Bedon para la determinación del kW generado por la energía hidráulica, de donde se obtuvo el indicador energético (tabla 3).

- Precio por Kw generado

$$P = \frac{\text{Costo total del sistema}}{\text{Total de kW generados}}$$

$$P = \frac{7840 \text{ USD}}{104059,2 \text{ kW}}$$

$$P = 0,075 \text{ USD kW}$$

En un estudio realizado en la Universidad Politécnica Nacional por el Ingeniero Ernesto Bedon por medio de una serie de cálculos determino el precio de generación de la energía eléctrica convencional proveniente de una hidroeléctrica, como resultado obtuvo que el kW generado en una hidroeléctrica es de \$0,32 tomando como datos la Hidroeléctrica de Paute. (Bedon, 2008)

Tabla 31 Precios de generación del Kw/h

Descripción	Valor	Unidades
Precio del kW de un sistema fotovoltaico	0,075	\$/kW
Precio del kW de energía convencional	0,32	\$/kW
Diferencia de precios de las energías (convencional & fotovoltaica)	0,24	\$/kW

Elaborado por: El investigador

ANÁLISIS FINANCIERO

El proyecto de implementación de un sistema fotovoltaico para el sector residencial de Centro Histórico de la ciudad de Quito se encuentra conformado por 5.100 viviendas, con un costo unitario de \$7.840 como se observa en la tabla 29, por lo cual para cubrir la demanda del sector residencial ya mencionado la inversión será de \$ 39'984.000.

Tabla 32 Resumen de Consumo de energía eléctrica de 1 vivienda

1 casa	
	Consumo
Energía Consumida al mes (Kw-h)	143,31
Energía Consumida al año (Kw)	1719,72
Energía consumida al 25 año (Kw-h)	42.993

Elaborado por: El investigador

En la tabla 32 se observa el resumen de la energía consumida en un mes por una vivienda típica del sector residencial del Centro Histórico de la ciudad de Quito.

En la tabla 33 se aprecia el resumen de la energía generada por parte del sistema fotovoltaico para una vivienda del sector residencial del Centro Histórico de la ciudad de Quito.

Tabla 33 Resumen de generación de energía fotovoltaica para una vivienda

1 casa	
	Generación
Energía generada al mes (Kw)	346,864
Energía generada al año (Kw)	4162,368
Energía generada al 25 año (Kw)	104059,2

Elaborado por: El investigador

Al comparar la tabla 32 con la 33 se observa que el sistema fotovoltaico está generando más del doble de lo que consume de la vivienda al mes, esto se debe a que el sistema fotovoltaico debe estar sobre dimensionado para evitar apagones y que pueda asegurar 4 días de autonomía en el caso de que existan días lluviosos o nublados o se demande mayor potencia en el horario donde no existe radiación (por la noche), pero no toda esta energía se traduce en pérdidas, se encuentra distribuida en la Ecuación 1 de la parte de los cálculos, que está conformada por:

- 10% de Factor de seguridad (por suciedad de los paneles)
- 20% de Energía Extra (4 Días de autonomía, baterías)
- 10% de Pérdidas en el sistema por fallas (Alza de temperatura en los equipos, conductores, eficiencia de algunos equipos)

El sistema esta sobre dimensionado para que en el caso de:

- Se conecten equipos que demanden mayor potencia.
- Se consuma más de lo previsto en el mes.

En la tabla 34 se exhiben los datos relativos a los años (0 a 25) y la inversión de \$ -39'984.000.

Tabla 34 Años / Inversión

Años	Inversión
0	\$ -39'984.000
1	\$ 2'140.019,568
2	\$ 2'140.019,568
3	\$ 2'140.019,568
4	\$ 2'140.019,568
5	\$ 2'140.019,568
6	\$ 2'140.019,568
7	\$ 2'140.019,568
8	\$ 2'140.019,568
9	\$ 2'140.019,568
10	\$ 2'140.019,568
11	\$ 2'140.019,568
12	\$ 2'140.019,568
13	\$ 2'140.019,568
14	\$ 2'140.019,568
15	\$ 2'140.019,568
16	\$ 2'140.019,568
17	\$ 2'140.019,568
18	\$ 2'140.019,568
19	\$ 2'140.019,568
20	\$ 2'140.019,568
21	\$ 2'140.019,568
22	\$ 2'140.019,568
23	\$ 2'140.019,568
24	\$ 2'140.019,568
25	\$ 2'140.019,568

Elaborado por: El investigador

En la tabla 34 se observa la inversión del proyecto para las 5100 viviendas que conforman el sector residencial del Centro Histórico de la ciudad de Quito, el proyecto tiene una vida útil estimada de 25 años.

Donde:

Energía Consumida en un año = 1719,72 (Tabla 31)

Número de viviendas = 5100

Precio del Kw energía (diferencia entre precios) = \$ 0,2440 (Tabla 30)

$$\text{\$ año} = \# \text{ viviendas} * \text{Pre. del Kw En. fot}$$

$$\text{\$ año} = 1719,72 * 5100 * 0,2440$$

$$\text{\$ año} = \text{\$ 2'140.019,568}$$

Tabla 35 TIR

TIR	2,3781%
-----	---------

Elaborado por: El investigador

En la tabla 35 se aprecia que con un TIR del 2,3781% el proyecto resulta viable y se asegura el retorno del capital invertido dentro de 25 años, el valor que puede ser financiado por parte de organizaciones o empresas extranjeras.

Con un TIR mayor a 2,7381% el proyecto no resultaría rentable y no hay retorno del capital invertido en la duración del proyecto, y con un TIR menor a

2,7381% se asegura el retorno del capital invertido dentro y se puede obtener beneficios.

Financiamiento de la inversión

Al tratarse de un proyecto de energías renovables se requiere de una gran inversión, pues se trata de alta tecnología empleada, por tanto, resulta costoso. Por tal razón, este tipo de proyectos se presentan a ONG (Organizaciones No Gubernamentales) que invierten en reducción de emisiones de CO₂ por medio de energías renovables, entregando capitales sin fines de lucro como lo hace la ONU que por medio del tratado de KIOTO busca reducir las emisiones gases de efecto invernadero. Además, se le presentan a las diferentes instancias de gobierno con el fin de lograr su sensibilización al respecto, y se puedan destinar recursos económicos para estos fines; dada la necesidad apremiante de la búsqueda de alternativas energéticas, por motivo del futuro agotamiento de los combustibles fósiles, así como la contaminación medioambiental que ocasionan. Todo esto encaminado a lograr un desarrollo sostenible para las futuras generaciones del planeta Tierra.



Figura 16 Emisiones de CO₂ de KIOTO
 Fuente: (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2017)
 Elaborado por: El investigador

Los países miembros de la ONU firmaron el tratado de KIOTO el cual consiste en disminuir las emisiones anuales de CO₂ a la atmósfera.

Se aprecia el no cumplimiento de este acuerdo por algunos de sus miembros, por ejemplo: España no logro disminuir el porcentaje de emisiones liberadas a la atmósfera, para lo cual su objetivo era disminuir en un 15%, sin embargo se produjo un incremento del 23,68% como se aprecia en la figura 16.

En España existen muchas multinacionales que generan emisiones de CO₂ a gran escala, la multinacional que se encarga del sector eléctrico en dicho país es la responsable de generar el 30,2% de las emisiones contaminantes. El gobierno le obliga a que disminuyan las mismas en el transcurso de 2 años. La ONU impone multas que van desde los 40 a 100 euros por tonelada generada o el cierre de las instalaciones, total o parcial, por un período de hasta dos años como máximo; estos valores se indican a las empresas que incumplan el plan de reducción de emisiones contaminantes que establece el Protocolo de Kioto. (CARBO, 2014)

Los países que no cumplen con el objetivo impuesto por la ONU apoyándose en el tratado de KIOTO como lo es España y Australia tienen un período de tiempo de dos años para cumplir la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera. La ONU brinda dos opciones para las mismas que consisten en:

1. Bonos de carbono

Los bonos de carbono son un derecho a emitir 1 tonelada de CO₂ a la atmósfera, estos derechos son comercializados por parte de la ONU a sus miembros, consiste en la entrega de cierta cantidad de bonos de

carbono, entregados por medio del Estado a las empresas. Existen casos donde las mismas sobrepasan las emisiones permitidas por los derechos que fueron otorgados, cuando sucede esta situación es necesario realizar la compra de derechos de carbono a la ONU; estos fondos son destinados para 4 actividades amigables con el medio ambiente:

- Energías limpias
- Conservación forestal
- Transporte limpio (Nuevas tecnologías)
- Manejo responsable de residuos

2. Certificados de carbonos

Consiste en que las empresas que sobrepasen su límite permisible por el país y no opten por comprar bonos de carbono, puedan invertir en proyectos de desarrollos limpios en países miembros que firmaron el tratado de KIOTO de la ONU, donde son analizados con el objetivo de ser revalorizados desde el punto de vista ambiental para determinar el porcentaje de emisiones que reducirá dicho proyecto, y a qué número de emisiones que se le otorgará el certificado.

Existen países y empresas que se dedican a la comercialización de certificados de carbono en la actualidad la tonelada de CO₂ tiene un valor en el mercado de \$ 28,47, esto lo hacen, a través de proyectos de energías limpias como lo son:

- Energías renovables
- Manejo responsable de residuos
- Conservación Forestal
- Nuevas tecnologías en el transporte

Algunos países ya invierten en la implementación de energías renovables para comercializar las emisiones de carbono que se estimaría se dejaran de emitir a la atmósfera. Con estas energías no convencionales una vez que se reduzca la dependencia de energías convencionales. Los proyectos de energías limpias de los países que firmaron el tratado de KIOTO pasan por los mecanismos de desarrollo limpios de la ONU que por medio del Banco Mundial se le destina el capital para su implementación o su pago por las emisiones que se redujeron por parte de los proyectos.

Por otro lado la ONU busca que por medio de la implementación de estos proyectos de energías limpias se beneficie la parte ambiental (reducción de CO₂), la parte social (empleo al momento de su construcción), el turismo.

IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Energía eólica

Impacto ambiental positivo

En la parte ambiental los parques eólicos al usar el viento como materia prima para la generación de electricidad no producen efecto invernadero de forma directa (en la construcción de las partes del aerogenerador), ni residuos

secundarios peligrosos como radiación ionizante o contaminantes del agua, por cada kW-h producido por esta tecnología equivale a 0,385 kg de CO₂ menos que llega a la atmósfera.

Impacto ambiental negativo

El tráfico aéreo de las aves cuando emigra de un lugar a otro, el ruido que se genera cuando está en funcionamiento, contaminación paisajística por parte de las torres, requiere de mucha superficie para su implementación, se altera la estructura arqueológica del suelo al momento de construcción de las bases de las torres. (Salas, 2017)

Energía geotérmica

Impacto ambiental positivo

Es más autosustentable que el petróleo, más barata que la energía nuclear y más amigable con el medio ambiente, su materia prima proviene del calor generado por el magma que se encuentra en el interior de la tierra es por eso, que se considera una fuente de energía inagotable y 100% limpia, no emite vibraciones en el ambiente, no requiere de grandes extensiones de terreno.

Impacto ambiental negativo

Al momento de la explotación se extrae el agua del interior de la tierra y se libera vapor en el ambiente, alterando gradualmente la temperatura ambiente, cuando se realiza la explotación del yacimiento se debe tener sumo cuidado porque pueden existir explosiones debido a las altas presiones que existen en el

interior de la tierra, en ocasiones se puede liberar ácido sulfhídrico y arsénico, se deben construir caminos de accesos esto destruye la flora y la fauna del sector y en algunos casos la excavación excesiva causa la erosión del suelo que a largo plazo se transforma en desertificación, emisiones de ácido sulfhídrico al momento de la perforación.

Energía de la biomasa

Impacto ambiental positivo

Por el lado ambiental su generación de emisiones de carbono a la atmósfera es nulo, según la Comisión Europea la biomasa reduce las emisiones de dióxido de carbono en un 74% en comparación con otras fuentes de generación eléctrica, utiliza los desechos orgánicos como materia prima para producir electricidad, Los residuos procedentes de procesos de extracción de algunos alimentos (aceites, azúcar, arroz) sirven para la generación de energía eléctrica, los residuos de los procesos de la biomasa en ocasiones se lo puede utilizar como abono orgánico 100% natural (residuos de la descomposición anaerobia).

Impacto ambiental negativo

Al procesar la materia prima se generan emisión de benzopirenos y el ácido sulfhídrico, que es un compuesto declarado como cancerígeno por la OMS, al momento de procesar los residuos urbanos se producen los famosos lixiviados que son muy peligrosos y muy contaminantes, una planta de biomasa produce la erosión en el suelo por la gran cantidad de espacio que necesita para almacenar su materia prima, una planta de biomasa necesita la misma cantidad de agua que

una planta térmica a base de diésel en ciertos procesos de generación de la biomasa o biocombustibles se genera la contaminación sonora y se producen vibraciones. (Rodríguez, 2012)

Energía fotovoltaica

Impacto ambiental positivo

La energía fotovoltaica ayuda mucho en lo que es el impacto de huella de carbono debido a que el sistema solo genera emisiones de CO₂ en su etapa de construcción e instalación, la de energía producido por medio de un sistema fotovoltaico solar equivale a las emisiones de carbono son 20 veces menos que la energía que se produce en una termoeléctrica, es una energía renovable que no necesita de agua, aprovecha espacios desaprovechados (techos, paredes, y sobre luminarias), el componente principal de los paneles solares es el silicio un elemento que se extrae de la arena que es muy abundante en el planeta tierra es por eso que no se producen alteraciones en los ecosistemas, no generar vertidos contaminantes, ni excavaciones los impactos a la corteza terrestre son nulos, el impacto sobre la flora y fauna es nulo al no genera ruido ni vibraciones.

Impacto ambiental negativo

Los paneles solares están compuestos de materiales considerados peligrosos por la OMS que causan cáncer, entre esos están cadmio, arsénico y una sustancia llamada polysilicio, al pasar los años y por efecto de la temperatura el panel comienza a emanar un gas conocido como el NF₃ (Trifluoruro de nitrógeno) que se estima que es 17000 veces más potente y dañino que el CO₂ no existen

estudios a profundidad de que todos los paneles estén generando este gas pero se ha podido determinar que ciertos paneles de baja calidad producen esta emanación a la atmósfera.

Reducción de gases de efecto invernadero

En la actualidad el concepto de huella de carbono ha tomado importancia. Esta consiste en la cuantificación de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, medidas en emisiones de CO₂ equivalente, que llegan a la atmósfera debido a diferentes actividades cotidianas o a la producción de un producto, Para los negocios futuros, las empresas serán medidas por la huella de carbono que dejan en la realización de sus procesos, y entre menor sea el índice de afectación, mayor será su aceptación. Una vez adelantadas las investigaciones, se pudo identificar que con la implementación de este sistema reducirá notablemente las emisiones generadas al momento de producir electricidad con tecnologías tradicionales.

Protección ambiental

El ser humano ha alterado la naturaleza, sin tener en cuenta el daño y afectaciones causadas al medio ambiente. En el caso específico de Ecuador, se puede evidenciar el detrimento diario del recurso hídrico, dado que las centrales hidroeléctricas son la principal fuente de producción de energía en el país. Con la implementación de un sistema solar fotovoltaico, se reduciría considerablemente el impacto ambiental negativo causado, se reducirían las

emisiones a la atmósfera, se reduciría el consumo eléctrico generado por hidroeléctricas y se aprovecharía una fuente de energías limpia.

Emisiones que se reducen

Tabla 36 Emisiones evitadas por el sistema fotovoltaico

Contaminante	Emisiones	Unidades
Dióxido de carbono	1.604	t/Año

Elaborado por: El investigador

Por cada kW producido por energía convencional se genera 0,385 kg de CO₂, con el sistema fotovoltaico instalado en la vivienda que consume 4.162 Kw de energía limpia al año, por lo cual se dejará producir cerca de 1.604 Toneladas de CO₂ a la atmósfera en el año que se genera al momento de producir electricidad por medio de fuente convencionales.

$$\text{IRE} = \text{Consumo anual KW} - \text{H} * \text{Factor de emision de Co2}$$

$$\text{IRE} = 4162 * 0,385$$

$$\text{IRE} = 1604 \text{ kg}$$

CONTRASTE CON OTRAS INVESTIGACIONES

En contrastes con el presente estudio se aprecia la aplicación de las fuentes fotovoltaica de energías renovables en la ciudad de México D.F. para el sector residencial, sin embargo dentro del mismo se dirige dicha aplicación al suministro eléctrico del alumbrado público, pues esta carga posee una característica de bloque al entrar y salir todo el alumbrado al mismo instante, y

ser sustituido por esta fuente se establece una reducción considerable de la demanda de potencia del sistema electro-energético nacional (SEN). Otros estudios encaminados a la eficiencia energética en el alumbrado público se aprecian en ciudad de La Habana (Ave. Zanja) en la cual se remplazaron las lámparas de mercurio existentes por lámparas Led's las cuales se caracterizan por tener una mayor eficiencia eléctrica, así como un largo tiempo de vida útil.

En Ecuador, se han realizado estudios por parte de la Universidad de San Francisco sobre impactos social, económico y ambiental de la energía solar renovable dentro del país y su matriz energética, con el fin de incentivar la inversión de este tipo de cara a los beneficios que puedan traer no solo al país sino a quienes deseen invertir en ellos.

En estudios similares realizados por parte de la Universidad Técnica de Cotopaxi de Latacunga y la CUJAE (La Habana) la selección de la factibilidad de cuál sería la alternativa de energía renovable idónea se realizó a través, del método de ciclo de vida (ACV) con el fin de evaluar los impactos medio ambientales de la misma. Mientras, para la presente investigación este fin se llevó a cabo mediante la matriz de priorización de Holmes, aportando resultandos similares al estudio citado.

En estudios realizados por estudios realizados por la Universidad Tecnológica Cotopaxi y la Universidad de Chile se realizaron estudios para conocer el consumo de energía por tipo de empresa, permitiendo establecer estándares de indicadores de consumo, además se propuso una metodología para realizar auditorías energéticas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se concluye que el Centro Histórico de la ciudad de Quito se caracteriza desde el punto de vista energético por tener una demanda promedio mensual de 1GW, un consumo promedio de 730.881 kW-h. Se estima para dicho sector una población de 20400 habitantes las cuales se encuentran agrupada aproximadamente en 5100 viviendas; a través de estudios realizados por la Empresa Eléctrica Quito se estima que el consumo de energía eléctrica para una vivienda promedio integrada por 4 personas es de 143,31 kW-h. El consumo de energía eléctrica referido a dicho sector se encuentra integrado por los siguientes bloques consumidores: viviendas, alumbrado público, alumbrado decorativo, instalaciones comerciales, de servicios y gubernamentales.
- Se proponen las principales fuentes alternativas de energías renovables tales como: eólica, fotovoltaica, geotérmica y biomasa; para las cuales se establecieron 4 criterios para ser evaluadas, tales como; ubicación geográfica, disponibilidad de tecnología y ciencia, aspectos propios del

centro histórico, precio (costo de equipamiento). Se empleó la matriz de Holmes para realizar una evaluación y selección de alternativas de las diferentes fuentes renovables de energía, indicando los siguientes resultados: energía eólica un 19%, energía fotovoltaica 40%, energía geotérmica 18% y energía de biomasa 23%. Por tal razón, en base a los valores obtenidos en dicha matriz, se seleccionó la fuente de energía renovable fotovoltaica, quedando en segundo orden de prioridad la energía renovable de biomasa.

- La propuesta seleccionada, cumple con los requerimientos de eficiencia energética desde distintos aspectos tales como: la Tasa Energética de Retorno (TER) del sistema fotovoltaico obteniendo como resultado una razón de 11,23, esto quiere decir que por cada kW invertido se obtienen 11,23 kW, el TER para este tipo de energía renovable se encuentra ubicado en el intervalo 20-40 de razón. Con respecto a la energía obtenida a través de Hidroeléctricas se encuentra en el intervalo de razón de 10 a 40. Por tal motivo, se considera los resultados obtenidos dentro de un rango satisfactorio.

A través del indicador EPBT (Energy Playback Time o Tiempo de Retorno Energético) en el cual se puede apreciar que para un período aproximado de 2 años y medio se puede recuperar toda la energía invertida en la elaboración y construcción del sistema fotovoltaico.

A través, del indicador del precio del kW-h generado por el sistema fotovoltaico para una vivienda (Demanda promedio diaria), el cual se

emplea para las diferentes fuentes de energías renovables, para el caso objeto de estudio se obtiene un valor \$0,075 por kW-h generado,

Además, de implementarse la presente propuesta a todas las viviendas del sector residencial del Centro Histórico de Quito, la misma en su construcción y montaje se le estima un consumo de energía equivalente a 9270,23 Kw-h, con una emisión de CO₂ a la atmósfera de 3569,23 kg liberados a la atmósfera una sola vez. Sin embargo, al emplearse fuentes convencionales de energía, y un consumo promedio mensual en una casa típica de dicho sector de 143,31 kW-h, se dejaría de producir 55,17 kg mensualmente de emisión de CO₂ a la atmósfera.

RECOMENDACIONES

- Establecer metodologías que permitan un monitoreo acerca del comportamiento referente al crecimiento poblacional en el sector residencial del Centro Histórico de Quito, la demanda eléctrica y el consumo eléctrico.
- Se recomienda proponer medidas de ahorro energético para reducir demanda y consumo eléctrico en el resto de las cargas que conforman a dicho sector: alumbrado público, alumbrado decorativo e instalaciones de servicios.
- Se recomienda la continuación de estudios más profundos de factibilidad técnico-económica que permitan la incorporación de otras fuentes renovables de energías en dicho sector, con el fin de poder diversificar las fuentes energéticas.
- Dar a conocer este tipo de estudios a las autoridades competentes al respecto con el fin de sensibilizarlos referente a las ventajas y beneficios medio ambientales que proporciona el empleo de las fuentes alternativas renovables en específico la modalidad fotovoltaica. Por tal motivo las fuentes alternativas de energías se consideran la energía del futuro

REFERENCIAS

Empresa Eléctrica Quito. (1 de Octubre de 2013). Obtenido de Noticias

Quito.gob.ec:

http://noticiasquito.gob.ec/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=8187&umt=Conozca%20cu%20E1nta%20energ%EDa%20el%20E9c%20consume%20una%20ciudad

(1986). En E. A. Martinez, *Electronica Basica* (pág. 389). La Habana.

Abilia . (12 de Mayo de 2015). *Go Green Mexico*. Obtenido de [http://conciencia-](http://conciencia-sustentable.abilia.mx)

[sustentable.abilia.mx](http://conciencia-sustentable.abilia.mx)

Agencia Europea del Medio Ambiente. (4 de Junio de 2017). Obtenido de El País:

https://elpais.com/elpais/2014/06/03/media/1401824410_599926.html

ARCONEL. (11 de Enero de 2018). *Regulaciones Electricas Gob*. Obtenido de

<http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/2018-01-11-Pliego-y-Cargos-Tarifarios-del-SPEE-20182.pdf>

Auqui, L. L. (2015). *Dspace*. Obtenido de Ucuena.edu:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21652/1/tesis.pdf>

Ballenilla, M. B. (15 de Octubre de 2015). *Actitud Ecológica*. Obtenido de

<https://actitudecologica.com/que-es-la-tasa-de-retorno-energetico-tre/>

Ballesteros, J. (15 de Octubre de 2009). *Slideshare*. Obtenido de

<https://es.slideshare.net/david93corral/biomasa-y-residuos-slidos-urbanos>

Bbruni, S. (15 de Marzo de 2007). *Publications.iadb*. Obtenido de BID:
<https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6601/EI%20calor%20de%20la%20Tierra%3A%20fuente%20inagotable%20de%20energ%C3%ADa%20sostenible.pdf?sequence=4>

Bedon, E. (11 de Septiembre de 2008). Obtenido de Biblioteca digital EPN:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12012/1/T1374.pdf>

CAIB. (11 de Marzo de 2011). Obtenido de Generalitat de Catalunya:
<http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>

Calderón, R. (2018). *Iluminan árboles solares al Centro Histórico*. Obtenido de Conciencia Sustentable: <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/iluminan-arboles-solares-al-centro-historico/>

California, D. o. (15 de Junio de 2017). *Scientific Drilling*. Obtenido de https://www.google.com.ec/search?q=Iceland+Deep+Drilling+Project&rlz=1C1CHZL_esEC733EC733&oq=Iceland+Deep+Drilling+Project&aqs=cchrome..69i57j0l3.164j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8

CARBO, S. (23 de Julio de 2014). *EL País*. Obtenido de https://elpais.com/diario/2004/07/14/sociedad/1089756012_850215.html

CleanPress. (2012). *Ilustrum*. Obtenido de <https://cleanpress.wordpress.com/tag/sistema-fotovoltaico/>

CNEL EP. (1 de Enero de 2007). *RegulacionesElectrica.gob*. Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/CONELEC-PreciosRenovables4.pdf>

Concha, M. (23 de Mayo de 2016). *Renovetec Inbenieria*. Obtenido de <http://www.plantasdebiomasa.net/>

CONELEC. (12 de Febrero de 2011). *Consejo Nacional de Electricidad*. Obtenido de Regulacion Electrica Gob: http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/CONELEC_004_11_ERNC.pdf

Corredor, A. (Diciembre de 2014). *Scielo.org*. Obtenido de Revista EAN: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602014000200010

Díaz, B. (12 de Enero de 2017). *Pv Magazine Latino America*. Obtenido de <https://www.pv-magazine-latam.com/2017/01/12/el-salvador-adjudica-1199-mw-solares-a-precios-desde-us-4955-el-mwh/#>

DMQ. (12 de Junio de 2012). *INEC*. Obtenido de Noticias Quito gob: http://noticiasquito.gob.ec/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=8187&umt=Conozca%20cu%20E1nta%20energ%EDa%20e1%E9c trica%20consume%20una%20ciudad

Empresa Eléctrica Quito. (21 de Febreo de 2014). *Eeq.com*. Obtenido de <https://www.eeq.com.ec:8443/-/la-eeq-instala-iluminacion-led-en-el-centro-historico?redirect=https%3A%2F%2Fwww.eeq.com.ec%3A8443%2Finici>

o%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized
%26p_p_mode%3Dview%26_3_groupId%3D0%26_3_keywords%3Dlum
inaria

Energía Estratégica. (26 de Octubre de 2016). Obtenido de
<http://www.energiaestrategica.com/costos-potencial-y-perspectivas-de-la-biomasa-en-argentina/>

Enriko, C. (14 de Junio de 2015). *Dinero*. Obtenido de
<https://www.dinero.com/pais/articulo/el-costo-energía-eolica/209799>

Estadísticas Arconel. (13 de Enero de 2016). *Agencia de Regulacion Electrica*.
Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/>

García, A. (21 de Diciembre de 2014). El uso de energía geotérmica se extiende por
todo el planeta. *Diario EL Comercio*, pág. 13.

Garzón, C. (2013). *Respositorio Universidad Técnica del Cotopaxi*. Obtenido de
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1293/1/T-UTC-2043.pdf>

HelioEsfera. (2012). *HelioEsfera*. Obtenido de
<https://helioesfera.com/uncategorized/partes-del-modulo-fotovoltaico/>

INER. (23 de Marzo de 2012). *Iner.gob.ec*. Obtenido de
https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/BIOMASA_DOSSIER.pdf

Ingeniería Verde. (12 de Mayo de 2014). *Ingenieria Verde*. Obtenido de <https://www.ingenieriaverde.org/>

Italian Design & Development. (12 de Enero de 2011). *SFE Solar*. Obtenido de https://www.sfe-solar.com/wp-content/uploads/2016/01/FuturaSun-FU250-260P_ENG_2016.pdf

Jiagsun. (20 de Mayo de 2014). *SGS*. Obtenido de Supplier Assessment : <https://spanish.alibaba.com/product-detail/dc-to-ac-pure-sine-wave-power-inverter-6000-watt-with-24volt-220volt-1426912201.html?spm=a2700.8698675.29.17.23ed423cjldPoC&s=p>

Jóhannsson, S. (12 de Mayo de 2009). *Piensageotermia*. Obtenido de <http://www.piensageotermia.com/valor-economico-de-plantas-geotermicas-basadas-en-los-resultados-del-proyecto-iddp/>

Linares, J. (2007). *Plan Director de Iluminación de la Havana Vieja*. Obtenido de <http://www.planmaestro.ohc.cu/recursos/papel/proyectos/pro-luz.pdf>

Meza, R. (14 de Enero de 2013). *Evwind*. Obtenido de <https://www.evwind.com/2013/01/14/17-nuevos-proyectos-de-energia-solar-fotovoltaica-se-instalaran-en-ecuador-hasta-el-2015/>

MICSE. (13 de Diciembre de 2015). *Regulacion Electrica*. Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/balance-nacional/>

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (Enero de 2014). Obtenido de
PLAN ESTRATÉGICO: <http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/PLAN-ESTRAT%C3%89GICO-2.pdf>

MINISTERIO DE FOMENTO. (11 de Abril de 2013). *Fomento.gob.es.* Obtenido de <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/3A6E2F43-5449-45ED-B6DC-3C39E9E6AA30/101081/11040601P3PlanAhorroenerg%C3%A9tico.pdf>

Montenegro, J. (2014). *Universidad de Chile.* Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-montenegro_jr/pdfAmont/cf-montenegro_jr.pdf

Montero Muñoz, M. M., Simon, F. A., & Gimenez Fernandez, E. C. (24 de Marzo de 2010). *Revista Galega de Economía.* Obtenido de http://www.usc.es/econo/RGE/Vol19_1/castelan/art6c.pdf

Moreno, C. (2013). *CUBASOLAR.* Obtenido de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar02/HTML/Articulo01.htm>

Navarro, J. (07 de Agosto de 2008). *CambioClimatico.org.* Obtenido de <http://www.cambioclimatico.org/content/gases-de-efecto-invernadero-co2-no2ch4-y-ahora-nf3>

- ONU. (10 de Octubre de 2012). *Estrategia Aranogensa*. Obtenido de <https://www.camarazaragoza.com/wp-content/uploads/2012/10/calculoemisiones.xls>
- OPEP. (21 de Abril de 2015). *Organizacion de países exportadores de petroleo*. Obtenido de <http://soci-3a.blogspot.com/2015/04/tarea-1-para-la-tercera-evaluacion.html>
- Paolo, R. D. (17 de Abril de 2017). *Solo Local*. Obtenido de <https://www.sololocal.info/index.php/noticias/3224-los-costos-de-instalacion-de-un-parque-eolico>
- Paz, S. (2015). *Consejo Nacional de Ciencia y tecnología de México*. Obtenido de <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/energia/676-14-enero-nota-arboles-solares-para-iluminar-la-ciudad>
- Pinzón, J. D. (Diciembre de 2014). *Revista EAN*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602014000200010
- Rodríguez, G. (12 de Noviembre de 2012). *Escuela de Organizacion Industrial*. Obtenido de <http://www.eoi.es/blogs/galirmartinez-barros/2012/11/24/impacto-de-la-energia-en-el-medio-ambiente-las-energias-renovables/>
- Roldán, F. (2013). (USFQ, Ed.) Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3035/1/109432.pdf>

Salas, P. (30 de Mayo de 2017). *Eoliccat*. Obtenido de <http://eoliccat.net/la-tecnologia/preguntas-frecuentes/?lang=es>

Tamayo, J. (12 de Junio de 2017). *Energia.gob*. Obtenido de <https://www.energia.gob.ec/ministerio-de-electricidad-y-energia-renovable-presento-el-primer-atlas-eolico-del-ecuador/>

Terra Org. (05 de Marzo de 2010). *Terra Ecología Práctica*. Obtenido de <http://www.terra.org/categorias/articulos/la-energia-de-fabricar-un-panel-fotovoltaico>

UNESCO. (12 de Julio de 2011). *Plan Mestro de la Habana*. Obtenido de <http://www.planmaestro.ohc.cu/index.php/gestion-del-plan/planes>

Vegas, R. H. (19 de Junio de 2014). *La Nacion*. Obtenido de <https://www.lanacion.com.ar/1702453-desmitificando-las-energias-renovables>

Vegas, R. H. (19 de Junio de 2014). *La Nacion*. Obtenido de <https://www.lanacion.com.ar/1702453-desmitificando-las-energias-renovables>

ANEXOS

Anexo 1 Capacidad de corriente permisible a través de conductores de cobre

<i>Sección transversal del conductor</i> <i>mm²</i>		<i>Nº AWG o mil circ</i>		<i>Tipos de aislamientos:</i> Goma tipo R; tipo RW; tipo RU; tipo RUW; tipo RH-RW; termoplástico tipo T; tipo TW
				ampere
2,1	14			15
3,3	12			20
5,2	10			30
8,4	8			40
13,3	6			55
21,2	4			70
26,6	3			80
33,6	2			95
42,4	1			110
53,1	0 <i>1/0</i>			125
67,7	00 <i>2/0</i>			145
85,2	000 <i>3/0</i>			165
107,5	0000 <i>4/0</i>			195
126,7	250 000 (mil circ)			215
152,0	300 000 "			240
177,3	350 000 "			260
202,7	400 000 "			280
253,4	500 000 "			320
304,0	600 000 "			355
354,7	700 000 "			385
380,0	750 000 "			400
405,4	800 000 "			410
456,0	900 000 "			435
506,7	1 000 000 "			455
633,4	1 250 000			495
760,1	1 500 000			520
886,7	1 750 000			545
1 013,4	2 000 000			560

Fuente: (Electronica Basica, 1986)

Anexo 2 Número máximo de conductores en tubería de diámetro convencional

Calibre del conductor		12,7	19	25,4	31,8	38	50,8	63,3	76,2	88,8	102	127
mm ²	A AWG MCM	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
		$\frac{1}{2}$ pulg.	$\frac{3}{4}$ pulg.	1 pulg.	$1\frac{1}{4}$ pulg.	$1\frac{1}{2}$ pulg.	2 pulg.	$2\frac{1}{2}$ pulg.	3 pulg.	$3\frac{1}{2}$ pulg.	4 pulg.	5 pulg.
0,82	18	7	12	20	35	49	80	115	176	-	-	-
1,31	16	6	10	17	30	41	68	98	150	-	-	-
2,1	14	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155	-
3,3	12	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132	208
5,2	10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110	173
8,4	8	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67	105
13,3	6	1	1	3	4	6	10	15	23	32	41	64
21,2	4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31	49
26,6	3	-	1	1	3	4	7	10	16	21	28	44
33,6	2	-	1	1	3	3	6	9	14	19	24	38
42,4	1	-	1	1	1	3	4	7	10	14	18	29
53,5	0	-	-	1	1	2	4	6	9	12	16	25
67,7	00	-	-	1	1	1	3	5	8	11	14	22
85,2	000	-	-	1	1	1	3	4	7	9	12	19
107,5	0000	-	-	-	1	1	2	3	6	8	10	16
126,7	250 000	-	-	-	1	1	1	3	5	6	8	13
152,0	300 000	-	-	-	1	1	1	3	4	5	7	11
177,3	350 000	-	-	-	1	1	1	1	3	5	6	10
202,7	400 000	-	-	-	-	1	1	1	3	4	6	9
253,4	500 000	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8
304,0	600 000	-	-	-	-	-	1	1	1	3	4	6
354,7	700 000	-	-	-	-	-	1	1	1	3	3	6
380,0	750 000	-	-	-	-	-	1	1	1	3	3	5
405,4	800 000	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5
456,0	900 000	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4
506,7	1 000 000	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4
633,4	1 250 000	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3
760,1	1 500 000	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	3
886,7	1 750 000	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2
1 013,4	2 000 000	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1

Fuente: (Electronica Basica, 1986)

Anexo 3 Ficha técnica del panel solar 250 w 24 V FuturaSun

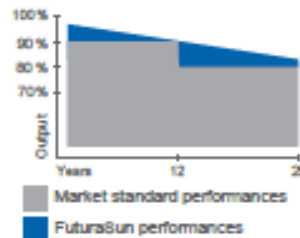


GENERAL FEATURES

- 12-year product warranty
- Positive sorting of power classes from 0 to +5 Wp
- 4 bus-bar high-efficiency cells decrease ohmic losses and increase the yield
- Tempered 3.2 mm safety glass for optimal mechanical stability and transparency
- High stability against wind (2400 Pascal) and snow (5400 Pascal)
- Maximum resistance against hail (83 km/h)
- Water repellent, high transmittance and anti-reflective glass coating, to increase yield and avoid dust deposition
- Certified salt corrosion resistance

GUARANTEES

PERFORMANCE GUARANTEE



Performance guarantee
 Max power decrease 0.7%/year
 97% at the end of first year
 90% at the end of 12th year
 82% at the end of 25th year

Product guarantee
 12 years

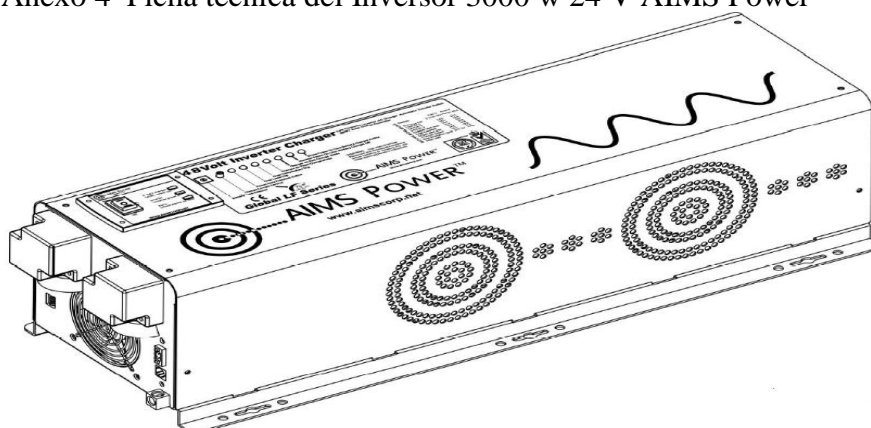


ELECTRICAL DATA

MODULE		FU240 P	FU245 P	FU250 P	FU255 P	FU260 P
Standard Test Conditions STC: 1000 W/m ² - AM 1.5 - 25 °C - measuring tolerance <3%						
Module power (P _{max})	W	240	245	250	255	260
Module efficiency	%	14.7	15.0	15.3	15.6	15.9
Maximum power voltage (V _{mpp})	V	29.7	30	30.2	30.6	30.9
Maximum power current (I _{mpp})	A	8.1	8.18	8.26	8.34	8.42
Open circuit voltage (V _{oc})	V	36.9	37.25	37.55	37.85	38.15
Short circuit current (I _{sc})	A	8.67	8.75	8.83	8.91	8.99
Maximum reverse current (I _r)	A	15	15	15	15	15
Tension P (V _p)	V	24	24	24	24	24

Fuente: (Italian Design & Development, 2011)

Anexo 4 Ficha técnica del Inversor 3000 w 24 V AIMS Power



Modelo	P3000-12-110	P3000-24-110	P3000-48-110	P3000-12-220	P3000-24-220	P3000-48-220
Potencia nominal	3000 W	3000 W	3000 W	3000 W	3000 W	3000 W
Potencia máxima	5000 W (dentro de 5 milisegundos)					
DC voltaje de entrada	12 V	24 V	48 V	12 V	24 V	48 V
Tensión de salida de CA	110VAC±10%			220VAC±5%		
Corriente sin carga	<2.7A (DC13V)	<1.7A (DC26V)	<1.5A (DC52V)	<2.7A (DC13V)	<1.7A (DC26V)	<1.5A (DC52V)
Frecuencia de salida de CA	50HZ±1%/60HZ±1%					
Onda de salida de CA	Onda sinusoidal pura					
Forma de onda distorsión	THD <3%					
Factor de potencia	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
DC voltaje de entrada	10,6 V-15,5 V	21,6 V-30 V	43,2 V-63 V	10,6 V-15,5 V	21,6 V-30 V	43,2 V-63 V
Alarma de baja tensión	10,5 ±0.3 V	21±0.6 V	41,8 ±1.2 V	10,5 ±0.3 V	21±0.6 V	41,8 ±1.2 V
Protección de bajo voltaje	9,5 ±0.2 V	19±0.3 V	38±0.4 V	9,5 ±0.2 V	19±0.3 V	38±0.4 V
Sobre la protección del voltaje	16±0.5 V	31±1V	65±2V	16±0.5 V	31±1V	65±2V
Recuperación de baja tensión	11,8 ±0.3 V	23,6 ±0.4 V	47,2 ±0.8 V	11,8 ±0.3 V	23,6 ±0.4 V	47,2 ±0.8 V
Más de recuperación de tensión	15,7 ±0.3 V	31,8 ±0.4 V	63±1V	15,7 ±0.3 V	31,8 ±0.4 V	63±1V
Protección de la sobrecarga	111%-113%					

Fuente: (Jiagsun, 2014)