



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
TECNOLOGÍAS APLICADAS**

**TEMA
“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE ENERGÍA
RENOVABLE MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA
ALIMENTAR EL INFOCENTRO UBICADO EN EL GAD DE LA
PARROQUIA EL MORRO”**

**AUTORA
TORRES CHALÉN NICOL DAYANA**

**DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. IND. ARAUZ ARROYO OSWALDO ORLANDO, MG.**

GUAYAQUIL, ABRIL 2022



ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	“Análisis de factibilidad de un sistema de energía renovable mediante paneles fotovoltaicos para alimentar el Infocentro ubicado en el GAD de la parroquia el Morro”		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	TORRES CHALÉN NICOL DAYANA		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	ING. GARCÍA TORRES INGRID ANGÉLICA, MG/ ING. ARAUZ ARROYO OSWALDO ORLANDO, MG.		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	21 DE ABRIL DEL 2022	No. DE PÁGINAS:	104
ÁREAS TEMÁTICAS:	TECNOLOGÍAS APLICADAS		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Paneles fotovoltaicos, Factibilidad, Implementación, Energía Photovoltaic panels, Feasibility, Implementation, Energy.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-200 palabras):			
<p>El presente trabajo se realizó en la Parroquia El Morro siendo objeto de estudio el Infocentro el cual se encuentra ubicado en el GAD de la parroquia, realizando un análisis costo beneficio para evaluar la factibilidad que tendrá la implementación de paneles fotovoltaicos, reduciendo el consumo de energía proporcionada por CNEL, y así poder alimentar dicho Infocentro mediante energía limpia, con el fin de llevar no solo una solución ambiental sino también económica.</p> <p>Todo esto en base a la necesidad de ahorrar recursos para evitar el cierre del Infocentro, el resultado que se obtiene es favorable pues con un total de 30 paneles se podría alimentar todo el Infocentro teniendo un costo total de implementación de \$10970 el mismo que se recuperará en 15 años, siendo 25 años el total de vida útil del proyecto, el total del ahorro en los 25 años sería de \$19155 sin restar el costo de implementación.</p>			

Abstract

This work was carried out in El Morro Parish, being the object of study the Infocenter which is located in the GAD of the parish, performing a cost benefit analysis to evaluate the feasibility of implementing photovoltaic panels, reducing the energy consumption provided by CNEL, and thus be able to feed the Infocenter through clean energy, in order to bring not only an environmental solution but also an economic one.

All this based on the need to save resources to avoid the closure of the Infocenter, the result obtained is favorable because with a total of 30 panels could feed the entire Infocenter having a total cost of implementation of \$ 10970 the same that will be recovered in 15 years, being 25 years the total useful life of the project, the total savings in the 25 years would be \$ 19155 without subtracting the cost of implementation.

ADJUNTO PDF:	SI (x)	NO ()
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0960892673	E-mail: Nicol.torresec@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola.	
	Teléfono: 593-2658128	
	E-mail: direccionTi@ug.edu.ec	



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE
LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO
NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **TORRES CHALÉN NICOL DAYANA**, con C.C. No. **0957293954**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR EL INFOCENTRO UBICADO EN EL GAD DE LA PARROQUIA EL MORRO**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

TORRES CHALÉN NICOL DAYANA
C.C. No. 0957293954

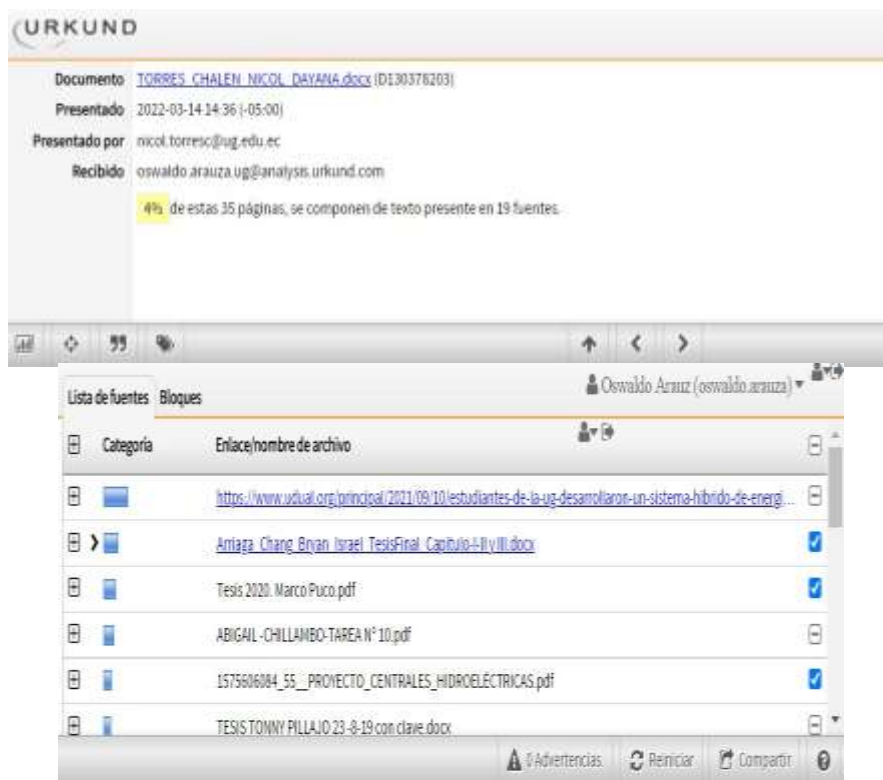


**ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE
SIMILITUD
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Habiendo sido nombrado ING. IND. ARAUZ ARROYO OSWALDO ORLANDO, MG tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por TORRES CHALÉN NICOL DAYANA, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.

Me informa que el trabajo de titulación: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR EL INFOCENTRO UBICADO EN EL GAD DE LA PARROQUIA EL MORRO, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio URKUND quedando el 4% de coincidencia.



<https://secure.arkund.com/old/view/124535524-880745-154230#DcY7DoMwEEDBu7h+ivbnteEqEUWEAnIRGsood4+b0XzL5y7rU1B0MjXU0UArmmhDO4YJpphigVUssY7jghs+U/EkqCSNvIHucV7jGPvr2t9llyd4Zgtf2tJEw7P//g==>



Firmado electrónicamente por:
**OSWALDO ORLANDO
ARAUZ ARROYO**

ING. IND. ARAUZ ARROYO OSWALDO ORLANDO, MG
DOCENTE TUTOR
C.C. 101964749
FECHA: 14/03/2022



ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil 14 de marzo de 2022,

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR EL INFOCENTRO UBICADO EN EL GAD DE LA PARROQUIA EL MORRO**, de la estudiante **TORRES CHALÉN NICOL DAYANA**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**OSWALDO ORLANDO
ARAUZ ARROYO**

ING. IND. ARAUZ ARROYO OSWALDO ORLANDO, MG

DOCENTE TUTOR

C.C. 101964749

FECHA: 14 DE MARZO DE 2022



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 27 de marzo de 2022.

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizaraburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación “**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR EL INFOCENTRO UBICADO EN EL GAD DE LA PARROQUIA EL MORRO**” del estudiante **TORRES CHALÉN NICOL DAYANA**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 25 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad. La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**INGRID ANGELICA
GARCIA TORRES**

ING. GARCÍA TORRES INGRID ANGÉLICA, MG
C.C: 1308497682

FECHA: 27 DE MARZO DEL 2022

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mis padres Luis Torres y Margarita Chalén que han estado presentes en cada uno de mis logros gracias por su amor y sus consejos, a mi esposo Jonathan Pilay quien a lo largo de toda la carrera universitaria me brindó su apoyo incondicional, a mi hija Aylin Pilay que es mi inspiración para seguir adelante, y a mis tías Angela Coello y Corina Torres quienes también fueron parte importante para poder cumplir con esta meta.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar esta etapa, siendo mi guía y por brindarme sabiduría y fortaleza.

A mis familiares que de una u otra manera me han brindado su apoyo, a mis suegros que también fueron de gran ayuda.

A mi esposo Jonathan Pilay quien me ha apoyado a lo largo de toda mi carrera universitaria.

A mi tutor Ing. Oswaldo Arauz que me brindo su orientación y apoyo en la elaboración del presente trabajo también agradezco a los docentes de la carrera de Ingeniería en teleinformática.

A mis amigos de la universidad con quienes formamos un gran grupo de estudio y los cuales han hecho de esta etapa una experiencia muy especial, gracias por su apoyo y paciencia.

Índice General

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I

El problema

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del problema	2
1.2	Antecedentes	3
1.3	Justificación e importancia	5
1.4	Objetivos de la investigación	5
1.4.1	Objetivo General	5
1.4.2	Objetivos Específicos	5
1.5	Delimitación del problema	6
1.5.1	Delimitación geográficas	6
1.5.2	Delimitación temporal	6
1.5.3	Delimitación del conocimiento	7
1.6	Metodología	7

Capítulo II

Marco Teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1	La Energía	8
2.2	Energía renovable	8
2.2.1	Tipos de energía renovable	9
2.3	Tipos de energía renovables en el Ecuador	10

2.3.1	Energía eólica	11
2.3.1.1	Historia	12
2.3.1.2	Transformación de la energía eólica	12
2.3.1.3	El ciclo del viento	13
2.3.1.4	Las maquinas eólicas	13
2.3.1.5	Funcionamiento	15
2.3.1.6	Proyecto eólico San Cristóbal	17
2.3.1.7	Central eólica Villonaco	18
2.3.1.8	Proyecto eólico Minas de Huaschachaca	18
2.3.2	Energía hidráulica	19
2.3.2.1	Historia	20
2.3.2.2	¿Como se genera la energía hidroeléctrica?	20
2.3.2.3	Central Hidroeléctrica	21
2.3.2.4	Componentes principales de la central hidroeléctrica	21
2.3.2.5	Tipos de central hidroeléctrica	22
2.3.2.6	Funcionamiento de una central hidroeléctrica	23
2.3.2.7	Central hidroeléctrica Pucará	24
2.3.2.8	Hidroeléctrica Toachi Pilaton	24
2.3.2.9	Central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair	25
2.3.3	Energía por biomasas	26
2.3.3.1	¿Qué es un biodigestor?	26
2.3.3.2	Historia	27
2.3.3.3	Estructura básica de un biodigestor	28
2.3.3.4	Tipos o clases de biodigestores	29

2.3.3.4.1	Biodigestor de flujo continuo	29
2.3.3.4.2	Biodigestor de flujo discontinuo	30
2.3.3.4.3	Biodigestor de flujo semicontinuo.	30
2.3.3.5	Proceso de biodigestión	31
2.3.3.6	RedbioEc	34
2.3.3.7	Rastro	34
2.3.3.8	Biodigestores Ecuador	35
2.3.4	Energía Solar	36
2.3.4.1	El sol como fuente de energía	36
2.3.5	Radiación solar	37
2.3.5.1	Tipos de radiación solar	38
2.3.5.2	Irradiación solar del Ecuador	38
2.3.5.3	Tipos de sistemas solares fotovoltaicos	39
2.3.5.3.1	Sistemas de energía solar directos o de uso diurno DC-DC	39
2.3.5.3.2	Sistemas de energía solar con almacenamiento de energía	40
2.3.5.3.3	Sistemas de energía solar híbridos	41
2.3.5.3.4	Sistemas de energía solar interactivos con la red eléctrica o conectado a la red eléctrica (on-grid)	42
2.3.5.4	Proyecto de Sistema hibrido de energía eléctrica renovable	43
2.3.5.5	Proyecto solar Pimampiro	44
2.3.5.6	Proyecto Fotovoltaico en Finca Don Polo	45
2.3.6	Componentes de un sistema fotovoltaico	46
2.3.6.1	Panel solar	46
2.3.6.2	Regulador de carga	47

2.3.6.3	Batería (acumulador)	47
2.3.6.4	Inversor	48
2.3.7	Marco legal	48
2.3.8	Análisis	49

Capítulo III

Desarrollo de la propuesta

N°	Descripción	Pág.
3.1	Población y muestra	50
3.2	Análisis e interpretación de resultados	51
3.2.1	Resumen de entrevistas a profundidad	56
3.3	Infocentro del Gad parroquial El Morro	57
3.4	Consumos Energético del Infocentro	57
3.5	Consumo energético del GAD	58
3.6	Total de Consumo	59
3.7	Modelo de Panel propuesto.	60
3.8.1	Producción anual de energía.	61
3.8.2	Número de paneles a utilizar	62
3.8.3	Cálculo de potencia por paneles.	63
3.9	Inversor.	64
3.10	Batería.	64
3.10.1	Cálculo del número de Baterías	65
3.11	Costo-Beneficio	66
3.11	Evaluación Económica	68
3.11	Tiempo de recuperación de la inversión	68

3.12	Comparación del beneficio	70
3.13	Conclusiones	71
3.14	Recomendaciones	72
	Anexos	74
	Bibliografía	82

Índice de Tablas		
N°	Descripción	Pág.
1	Total de población de la parroquia el morro	50
2	Consumo energético del Infocentro	58
3	Consumo energético del GAD	59
4	Cálculo del consumo	60
5	Total de consumo por área	60
6	Especificación técnica del panel	61
7	Cálculo de potencia por paneles	63
8	Especificaciones técnicas de la batería	65
9	Presupuesto para instalación de panel solar	66
10	Criterios de selección del costo beneficio	67
11	Generalidades del sistema	68
12	Tiempo de recuperación de la inversión	69
13	Comparación de beneficio	70

Índice de Figuras

Nº	Descripción	Pág.
1	Ubicación geográfica del GAD El Morro	6
2	Turbina Eólica	15
3	Funcionamiento de la Energía Eólica	17
4	Proyecto eólico San Cristóbal	17
5	Central Eólica Villonaco	18
6	Proyecto Eólico minas de Huascachaca	19
7	Interior de una Central Hidroeléctrica	21
8	Central hidroeléctrica	23
9	Funcionamiento de una central hidroeléctrica	23
10	Central Pucara-Pisayambo	24
11	Diagrama Esquemático de la estructura del proyecto	25
12	Partes de la central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair	26
13	Estructura de un biodigestor	28
14	Biodigestor de flujo continuo de desplazamiento horizontal	29
15	Biodigestor simple de flujo discontinuo	30
16	Esquema de biodigestor semicontinuo de cúpula fija o sistema chino	30
17	Planta funcional de biodigestión	31
18	Funcionamiento de biodigestores	33
19	Biodigestor tubular plástico instalado en Imbabura	34
20	Producción de metano y abono	35
21	Tipos de radiación solar	38

22	Irradiación solar global horizontal	39
23	Sistemas de energía solar directos o de uso diurno DC-DC	40
24	Sistema solar fotovoltaico con baterías con inversor para cargas AC	41
25	Sistema solar fotovoltaico Híbrido con baterías	42
26	Sistema fotovoltaico conectado a red	43
27	Los paneles fotovoltaicos que almacenan la energía solar	44
28	Planta de energía solar pimampiro.	45
29	Instalación de paneles fotovoltaicos en plantación	46
30	Partes de un panel solar	46
31	Conexiones de paneles fotovoltaicos	47
32	Importancia del Infocentro	51
33	Rango de edad de niños.	52
34	Cuántas personas dan uso al infocentro	53
35	Días que visitan el infocentro	53
36	Rango de tiempo que usan el Infocentro	54
37	Actividades por las que visitan el Infocentro	54
38	Conocimiento sobre el uso de paneles solares	55
39	Conocimiento sobre el uso de energía solar	55
40	Implementación de paneles solares	56
41	Distribución de planta del GAD Parroquial El Morro	57
42	Panel propuesto	61
43	Inversor propuesto	64
44	Batería propuesta	65

Índice de Anexos

Nº	Descripción	Pág.
1	Modelo de encuesta a la comunidad	74
2	Guía de entrevista dirigida al personal del Infocentro	76
3	Guía de entrevista dirigida al presidente del GAD parroquial	77
4	Valor monetario calculado del consumo energético	79
5	Visita al GAD parroquial El Morro	80
6	Materiales utilizados para obtener información acerca de equipos utilizados en el Infocentro	80
7	Carta de autorización	81



ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

“Análisis de factibilidad de un sistema de energía renovable mediante paneles fotovoltaicos para alimentar el Infocentro ubicado en el GAD de la parroquia El Morro”

Autor: Torres Chalén Nicol Dayana

Tutor: Ing. Arauz Arroyo Oswaldo Orlando, MG.

Resumen

El presente trabajo se realizó en la Parroquia El Morro siendo objeto de estudio el Infocentro el cual se encuentra ubicado en el GAD de la parroquia, realizando un análisis costo beneficio para evaluar la factibilidad que tendrá la implementación de paneles fotovoltaicos, reduciendo el consumo de energía proporcionada por CNEL, y así poder alimentar dicho Infocentro mediante energía limpia, con el fin de llevar no solo una solución ambiental sino también económica.

Todo esto en base a la necesidad de ahorrar recursos para evitar el cierre del Infocentro, el resultado que se obtiene es favorable pues con un total de 30 paneles se podría alimentar todo el Infocentro teniendo un costo total de implementación de \$10970 el mismo que se recuperará en 15 años, siendo 25 años el total de vida útil del proyecto, el total del ahorro en los 25 años sería de \$19155 sin restar el costo de implementación.

Palabras Claves: Paneles fotovoltaicos, Factibilidad, Implementación, energía.



ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

“Feasibility analysis of a renewable energy system using photovoltaic panels to power the Infocenter located in the GAD of El Morro parish”

Author: Torres Chalen Nicol Dayana

Advisor: Engr. Arauz Arroyo Oswaldo Orlando, MSc.

Abstract

This work was carried out in El Morro Parish, being the object of study the Infocenter which is located in the GAD of the parish, performing a cost benefit analysis to evaluate the feasibility of implementing photovoltaic panels, reducing the energy consumption provided by CNEL, and thus be able to feed the Infocenter through clean energy, in order to bring not only an environmental solution but also an economic one.

All this based on the need to save resources to avoid the closure of the Infocenter, the result obtained is favorable because with a total of 30 panels could feed the entire Infocenter having a total cost of implementation of \$ 10970 the same that will be recovered in 15 years, being 25 years the total useful life of the project, the total savings in the 25 years would be \$ 19155 without subtracting the cost of implementation.

Keywords: Photovoltaic panels, Feasibility, Implementation, Energy.

Introducción

Las fuentes de energía alternativas han mantenido un lugar importante en la vida cotidiana durante muchos años, aunque su existencia ha sido frecuentemente excluida debido a la necesidad de anteponer lo económico por encima del beneficio ambiental. Teniendo en cuenta que son completamente gratuitos, también son una fuente de energía limpia y amigable con el medio ambiente, por lo que se busca y con el tiempo se puede incentivar el apoyo y uso de esta fuente de energía verde para adaptarlos a cualquier parte del Ecuador. (MOISÉS, 2021)

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, que se obtiene directamente a partir de la radiación solar a través de un dispositivo denominado célula fotovoltaica.

El presente trabajo de titulación busca demostrar la factibilidad que tendrá la implementación de paneles fotovoltaicos en el Infocentro ubicado en la Parroquia el Morro pues existe una incertidumbre si el proyecto continúa o no, ya que MINTEL señaló que está gestionando con el Ministerio de Economía y Finanzas, la asignación presupuestaria para dar continuidad al proyecto, con el fin de evitar el cierre del mismo se da una opción para mantenerlo operativo el cual permitirá ahorrar el recurso energético mediante la utilización de energía limpia ya que estos Infocentros cumplen un rol importante dentro de estas zonas rurales del país, pues en estos espacios tecnológicos, los ciudadanos pueden obtener educación gratuita sobre el uso correcto de las TIC.

En el proyecto se usa un total de 30 paneles, 18 baterías y 1 inversor, los cuales se localizan en lugares estratégicos designados por el presidente del GAD parroquial, y mediante un análisis costo beneficio se evaluará la factibilidad que tendrá llevar a cabo esta implementación.

Capítulo I

El problema

1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial el desarrollo sustentable es un tema que da mucho de qué hablar, Ecuador no es la excepción, pues la principal fuente de energía son las hidroeléctricas. La cual es una fuente de energía renovable, pero con impactos medioambientales negativos los cuales generan cambios en el ecosistema afectando a los animales y las plantas, así como a la calidad del agua.

Es importante recalcar que la energía solar no expone sustancias toxicas ni contaminantes del aire, que pueden ser dañinas tanto para el ser humano como el medio ambiente, la energía solar no crea residuos ni contaminación del agua, siendo este un elemento indispensable teniendo en cuenta la escasez del mismo.

Las propuestas de implementación de energías son un tema controversial por el cuidado del medio ambiente mediante energía limpia, ya que este tipo de propuestas ayudan a aprovechar al máximo los recursos naturales, mediante la aplicación de este sistema se ahorraría una parte de los pagos por consumo energético y ayudaría a un desarrollo sustentable.

En el Ecuador los Infocentros son un proyecto pensado para las zonas rurales y familias de escasos recursos, es decir estos centros comunitarios son espacios de participación y encuentro en los que se garantiza el acceso a las TIC con el fin de reducir la brecha digital. Mismo proyecto que cerró sus puertas en el año 2020 por falta de liquidez del estado como consecuencia de la pandemia COVID-19 (PRIMICIAS, 2020) reanudando sus actividades en enero de 2021. Existe una incertidumbre si el proyecto continúa o no, pues el MINTEL señaló que está gestionando con el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), la asignación presupuestaria para dar continuidad al proyecto durante el 2021 (EL COMERCIO, 2020).

En un tiempo difícil donde las circunstancias obligan a todos los países del mundo a la virtualidad es donde se hizo más indispensable mantener los Infocentros, es por esto que el GAD parroquial El Morro quiere reducir sus costos operativos con la finalidad de mantener activo el Infocentro pretendiendo ahorrar recursos para reinvertirlos, mismo que cuenta con un total de 8

computadoras que se encuentran en la parte posterior del edificio las cuales son usadas por los niños de la parroquia.

El principal recurso que se pretende ahorrar es el recurso energético mediante la utilización de energía limpia y con miras de atraer inversión privada para expandir esta propuesta, es por esto que se realizó el análisis de la factibilidad que tienen los paneles solares con relación a la energía que proporciona CNEL, esperando tener un ahorro energético mismo que se piensa invertir en otras necesidades que tenga el Infocentro.

1.2 Antecedentes

Mediante las diferentes investigaciones que se llevaron a cabo para la realización del siguiente trabajo de titulación, se pudo evidenciar que este modelo de transformar la energía solar en energía eléctrica se está realizando en diferentes partes del mundo la cual no solo indica un beneficio ambiental, sino que también se traduce en ahorro.

La planta solar más grande de América Latina ubicada en la provincia argentina de Jujuy es un claro ejemplo de ello (Fermín Koop, 2019) menciona que, debido a la tecnología y las finanzas chinas han permitido realizar el proyecto como parte del plan de Argentina para promover la generación de energía renovable.

Al concluir con dicho proyecto, estará constituido de 1,2 millones de paneles solares y suministrará a la red de unos 300 megavatios de potencia, que luego podrán ser expandidos a 500, haciendo de esta planta solar una de las más grandes del mundo.

En diferentes partes ya se está aplicando este sistema, un claro ejemplo de ello es la investigación realizada por (Robberechts, 2020) donde muestra a los “Cuatro países que lideran en energía solar en América Latina y el Caribe”.

El incremento significativo que ha experimentado el mercado en Chile desde la publicación de la Ley de Energías Renovables no convencionales de 2008, La capacidad solar instalada ha aumentado de casi cero en 2008 a más de 1,6 GW en marzo de 2017. Por lo tanto, el precio que se paga por los proyectos solares en la actualidad es tan competitivo como los precios de otras fuentes de energía tradicionales.

Como Chile, México también ha revisado su marco regulatorio para promover el desarrollo de energías renovables. A través de la CCE con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) o empresas privadas solventes, la nueva normativa mexicana no probada no limita la bancabilidad de los proyectos solares. Varios proyectos están costeados por bancos locales. El principal reto al que se enfrentan los desarrolladores solares es la competitividad del mercado, que conduce a rendimientos muy bajos, dependiendo de la oportunidad de obtener financiamiento a largo plazo (hasta 20 años).

La situación de Argentina y Brasil con respecto a las licitaciones que promueven la energía renovable han estimulado con éxito el desarrollo de la energía eólica, pero la energía solar ha despegado con menos rapidez, no es el caso de Argentina en donde debido a un programa “licitaciones Renovar” atrajo gran atención y participación de los desarrolladores, concediendo así un total de 916 megavatios de energía solar.

Esta conversión de energía solar a energía eléctrica también tiene lugar en Ecuador, mediante un boletín de prensa dado por él (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020) se ejecutó una convocatoria oficial a las diferentes empresas que tengan interés de ser partícipes del proyecto fotovoltaico Conolophus aprovechando el recurso solar existente en el archipiélago de galápagos, busca reducir el consumo de combustible diésel para la generación de energía en las islas Baltra y Santa Cruz, proporcionando electricidad a la población de la zona y garantizando la calidad, seguridad y confiabilidad de los servicios eléctricos.

El alcance del proyecto incluye la construcción de una planta fotovoltaica de 14,8 MWp con una capacidad de batería de 40,9 MWh, con la realización de dicho proyecto se reducirá un promedio de 16000 toneladas de dióxido de carbono por año, además, es parte de la iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos, a través de la cual el gobierno nacional ha fortalecido su compromiso de proteger las islas mágicas y el patrimonio natural de la humanidad.

En la tesis de (SERRANO) titulada “Estudio de factibilidad para la implementación de paneles fotovoltaicos en el recinto sabanilla - cantón Daule” muestra un estudio cuantitativo a través de un censo que se llevó a cabo en un total de 50 casas el análisis comparativo entre la implementación de paneles fotovoltaicos con respecto a red eléctrica convencional dando como resultado la rentabilidad que tendría la instalación de dichos paneles, con una inversión dada por el GAD parroquial de \$985.542,00, la TMAR que se uso es de 9,75%. El VAN del proyecto es mayor a

cero e igual a \$102.705,70 y la TIR de 12% siendo mayor que la TMAR, teniendo dichos resultados se demostró que dicho proyecto tiene una buena viabilidad económica y financiera, concluyendo con el análisis de costo beneficio teniendo como resultado en el primer año de 1.40, siendo este mayor a 1 se dice que el proyecto es benéfico ya que los ingresos han sido superiores a los egresos.

1.3 Justificación e importancia

La energía solar es una fuente inagotable de energía renovable, que se obtiene a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol.

El Ecuador tiene el privilegio de encontrarse en un lugar favorable pues se encuentra en la mitad del globo terráqueo donde los rayos ultravioletas pegan con mayor intensidad.

La presente propuesta tiene como finalidad evidenciar el uso sostenible de los recursos naturales y la viabilidad que tiene la implementación de paneles fotovoltaicos como fuente de energía limpia para así reducir los costos operativos y generar ahorros en el Gad, para dar parte de estos fondos al Infocentro, el cual se encuentra en la parte posterior, ya que a través del ministerio de telecomunicaciones y de la sociedad de la información (mintel) se dio a conocer que estos se mantendrían operativos en el país hasta el 2021 es por esto que se está buscando fuentes alternativas que ayuden a reducir costos y así poderlo mantener operativo.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Analizar la factibilidad de la implementación de paneles fotovoltaicos para disminuir costos y así poder proveer de energía eléctrica al Infocentro ubicado en el Gad de la Parroquia el Morro.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar las diferentes fuentes de energía renovable para afianzar que la energía solar es la más viable.
- Realizar un diagnóstico del consumo actual de energía del GAD parroquial.
- Calcular la cantidad de equipos necesarios para cumplir con las necesidades energéticas en el Infocentro ubicado en GAD de la parroquia el Morro.
- Analizar la viabilidad de la propuesta de implementación.
- Cuantificar el ahorro energético a partir de los datos obtenidos.

1.5 Delimitación del problema

El presente trabajo de titulación se realizará en el GAD de la parroquia el Morro, abarcando el análisis de factibilidad que tendría la implementación de paneles fotovoltaicos reduciendo el consumo de energía proporcionada por CNEL, y así poder alimentar el Infocentro mediante energía limpia, con el fin de llevar no solo una solución ambiental sino también económica.

1.5.1 Delimitación geográficas

El espacio en donde se llevará a cabo el siguiente análisis de factibilidad será en el Infocentro ubicado en el GAD de la parroquia El Morro, que es una de las cinco parroquias rurales pertenecientes al cantón Guayaquil. Está ubicada al sureste de Guayaquil; a unos 90 km de esta ciudad, y cercana a las poblaciones General Villamil Playas y Posorja; El Morro limita al norte con la parroquia Juan Gómez Rendón, al sur con la parroquia Posorja, al este con la parroquia Juan Gómez Rendón y el Golfo de Guayaquil y al oeste con el cantón General Villamil Playas. Tiene una extensión de 283,10 km².



Figura 1 Ubicación geográfica del Gad El Morro. Información tomada de Google Maps. Elaborado por Investigación Directa.

1.5.2 Delimitación temporal

La ejecución del trabajo de titulación tendrá una duración de 4 meses, los cuales estarán divididos mediante el levantamiento de la información tomada del área en donde se realizará el proyecto, en las diferentes investigaciones de proyectos que aporten información relevante para el

respectivo análisis, y la última parte que será el diseño y análisis de factibilidad de la implementación de paneles fotovoltaicos.

1.5.3 Delimitación del conocimiento

Para realizar el siguiente trabajo se estudiaron los diferentes tipos de energía renovable, así como también mediante un estudio técnico se realizará el análisis y diseño de un sistema de paneles fotovoltaicos para el GAD de la parroquia el Morro ayudando así a un posterior análisis de factibilidad de la implementación de paneles, basándose en el consumo energético del sistema tradicional y del costo de implementación del sistema fotovoltaico.

1.6 Metodología

La metodología a utilizar es mixta ya que se realizó entrevistas a profundidad y encuestas en las cuales se formuló una serie de preguntas tanto a los moradores de la Parroquia el morro como al personal del Infocentro y presidente del GAD parroquial, la cual permitió obtener datos relevantes y así poder realizar el proceso de recolección, análisis y vinculación de datos tanto cualitativos como cuantitativos.

(SAMPIERI, 2014) menciona que “El fin de la investigación mixta no es reemplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino manejar las fortalezas de ambos tipos de indagación, combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales”

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 La Energía

Desde el inicio de su existencia el hombre ha necesitado la energía como recurso para sobrevivir y progresar independientemente del tipo de energía que use, teniendo un efecto directo sobre las diferentes etapas de la evolución del hombre, siendo la energía eléctrica una pieza clave para el crecimiento económico como el progreso de la humanidad.

El principio de conservación de la energía indica que “La energía no se crea ni se destruye solo se transforma”, y en este capítulo se analizarán los diferentes tipos de energía renovable que pueden ser transformados en corriente eléctrica en el Ecuador.

2.2 Energía renovable

Según el Centro de Terminología de Catalunya, la energía renovable es la energía que se obtiene o se puede renovar de una fuente inagotable.

Las principales fuentes de energía renovable son la hidráulica, eólica, biomasa, solar, geotérmica y la oceánica.

Actualmente, gran parte de la energía consumida por nuestra sociedad no es renovable y proviene principalmente de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón). Estos tipos de energía se encuentran en un número limitado de yacimientos en todo el mundo, por lo que cada tonelada consumida no se recupera de forma natural, sino una cantidad cada vez menor de disponibilidad global (llamadas reservas).

Las fuentes de energía renovables son aquellas que pueden generar trabajo a partir de un recurso inagotable, al menos a escala humana. Por tanto, el aprovechamiento de la radiación solar no significa el agotamiento de ella, ni tampoco que la radiación solar vaya disminuyendo día a día.

A diferencia de los sistemas actuales de energía basados en combustibles fósiles, el uso de las energías renovables permite un aprovechamiento indefinidamente. Por ello, si conseguimos

construir un sistema energético basado en estos recursos, podemos estar seguros de que los recursos de los que dependemos nunca se agotarán (Jarauta Rovira, 2015).

La energía renovable favorece al cuidado del medio ambiente siendo también fuentes de energía limpia e inagotable, son tan antiguas como el Sol o el planeta, ya que surgieron con los ríos, las montañas, el viento y la luz, para efectos de investigación se toma como tema principal ya que de ella se desglosan los diferentes tipos de energía renovable, realizando la descripción de 4 de ellas las cuales se las describe a continuación.

2.2.1 Tipos de energía renovable

La energía renovable se la puede obtener de muchas maneras entre las que existen en la actualidad son:

- Energía geotérmica
- Energía biomasa
- Energía hidráulica
- Energía oceánica
- Energía solar
- Energía eólica

Según Selectra (2022), las describe de la siguiente manera:

La energía solar: Se trata de una energía renovable porque se obtiene de una fuente natural e inagotable. Es una fuente de energía intermitente que depende de la luz solar.

La energía eólica: Se obtiene de la energía cinética del viento creada por la acción del flujo de aire. Al igual que la energía solar, la energía eólica es una fuente de energía renovable inagotable pero intermitente porque depende de la fuerza del viento. La energía eólica es una de las fuentes de energía renovable más utilizadas en el mundo.

La energía geotérmica: Es aquella que aprovecha las altas temperaturas de yacimientos debajo de la superficie terrestre para generar energía a través del calor.

La energía de la biomasa: Consiste en la combustión de residuos orgánicos de origen animal o vegetal, se usa para crear biogás que como combustible, genera un gas que se utiliza para producir electricidad. Esta energía es una de las maneras más económicas y ecológicas para crear energía eléctrica en una central térmica.

La energía hidroeléctrica o hidráulica: Se logra de la explotación del agua a través de corrientes marinas, molinos o presas. El movimiento del agua impulsa las turbinas que generan electricidad. Cuanta mayor sea la presión del agua, más energía se produce. Por lo tanto, depende de las precipitaciones y del caudal de los ríos.

La energía oceánica: El vaivén del agua de las mareas o de las olas, las corrientes marinas, inclusive la diferencia de temperaturas que hay entre el agua de la superficie del mar y la de las profundidades, pueden ser utilizados para generar energía.

En todas partes de la Tierra existe algún tipo de recurso renovable, ya sea viento, sol, materia orgánica o agua, que se puede aprovechar para producir energía de manera sostenible.

Para realizar el siguiente análisis se investigaron las 3 energías más comunes en Ecuador que son: la hidráulica, eólica y solar además se ha realizado la descripción de una energía que esta emergente en el país que sería la biomasa, en cada tipo de energía se ubicarán proyectos que se han realizado en el país, para de esta manera poder efectuar un mejor análisis en relación con el tema propuesto y así elegir la mejor alternativa para el Infocentro de la parroquia el Morro asimismo cumplir con el objetivo general del presente trabajo.

2.3 Tipos de energía renovables en el Ecuador

Durante el seminario virtual de Energía Renovable Ecuador organizado por la Cámara de Comercio e Industrias Franco Ecuatoriana (CCIFEC) que se llevó a cabo el 22 de junio de 2021, con el respaldo de la Embajada de Francia en Ecuador y la multinacional francesa NeoEn productora independiente de energía renovable.

Se mencionó que, en la actualidad, la matriz energética ecuatoriana está compuesta por un 90,2% de energías renovables siendo la generación hidroeléctrica la responsable del 88,8% de la generación mientras que las ERNC sólo representan el 1,4%. Con el propósito de diversificar aún más el parque de generación, la nueva dirección de Gobierno apuntaría a seguir con la promoción de proyectos eólicos, fotovoltaicos, biomasa y pequeñas centrales hidroeléctricas.

“Estamos enfocados en introducir de forma masiva la generación renovable”, aseguró Gabriel Argüello, viceministro de Electricidad y Energía Renovable (VILORIA., 2021).

Mediante los resultados que se menciona se puede evidenciar que las hidroeléctricas son la fuente principal de generación de energía en Ecuador y las ERNC no alcanzan ni el 2% de generación eléctrica, con el objetivo de aminorar los efectos del cambio climático, los gobiernos a nivel mundial están buscando otras fuentes de producción energética que permitan obtener una matriz energética diversificada, renovable y sostenible en el tiempo.

2.3.1 Energía eólica

De acuerdo con el ministerio de energía y recursos naturales no renovables, la primera central eólica en Ecuador inicio su construcción en agosto 2011 empezando a operar desde enero de 2013, ubicada en la provincia de Loja en el cerro Villonaco con una potencia de 16,5MW, cuenta con 11 aerogeneradores de 1,5 MW de potencia nominal, debiendo aportar de acuerdo al estudio de factibilidad, 59.57 millones de kWh/año al Sistema Nacional Interconectado.

De la misma forma está siendo aprovechada en San Cristóbal ubicado en las islas galápagos que se encuentra en operación desde el 1 de octubre de 2007 a cargo de Eólica San Cristóbal S.A con una capacidad de 2,4 MW.

La energía eólica se caracteriza por su bajo impacto ambiental, significativamente menor que las fuentes de energía convencionales. Producir electricidad a partir del viento, impide la generación de gases tóxicos que contribuyen al efecto invernadero y a la lluvia ácida.

La energía eólica se refiere a las tecnologías y aplicaciones en que se aprovecha la energía cinética del viento, convirtiéndola a energía eléctrica o mecánica.

Se pueden diferenciar dos tipos de aplicaciones: instalaciones de generación de energía e instalaciones de bombeo de agua. Entre las instalaciones de generación de energía, se hace una distinción entre instalaciones aisladas, no conectadas a la red e instalaciones conectadas, comúnmente denominadas parques eólicos. Las instalaciones no conectadas a la red generalmente cubren aplicaciones de pequeña potencia, principalmente electrificación rural. Las aplicaciones conectadas a la red eléctrica, por otro lado, son las que permiten un mayor consumo de energía y también las que muestran las mejores expectativas de crecimiento del mercado.

2.3.1.1 Historia

Los seres humanos han estado utilizando la energía eólica desde que se tienen registros; de hecho, se ha utilizado para propulsar barcos a lo largo del río Nilo desde el año 5000 a.C. C. Hacia el 200 a. C. Los molinos de viento simples se usaban para bombear agua en China, mientras que los molinos de viento de eje vertical ya existían en Persia y el Medio Oriente, usando velas de caña tejida para moler el grano.

En el siglo XI, nuevas formas de aprovechar el viento se extendieron por todo el mundo: los molinos de viento fueron muy utilizados en Oriente Medio para producir alimentos, y los comerciantes que regresaron de estas tierras llevaron esta idea a Europa, lo que permitió a los holandeses mejorar y adaptar el molino de viento para el drenaje de lagos y pantanos en el delta del Rin.

Con el inicio de la revolución industrial, el uso de estos molinos tuvo una reducción significativa, ya que a partir de ese instante las principales fuentes de energía pasaron a ser las máquinas de vapor alimentadas por electricidad y carbón. (Mártil, 2021).

Es importante conocer acerca de la historia de cada uno de los tipos de energía que se investigue, para saber a profundidad el uso que se les ha venido dando a lo largo de los años.

2.3.1.2 Transformación de la energía eólica

La energía contenida en el viento se puede convertir en energía eléctrica, mecánica o térmica según se requiera. Las posibilidades de uso que brinda la energía eléctrica son bien conocidas. La energía térmica se obtiene a partir de la energía mecánica. Se utilizan diferentes tipos de equipos para hacer esta transición. En términos generales, no se requiere una alta velocidad del viento para generar energía, por el contrario, cuando el viento es demasiado fuerte, es necesario detener el equipo para evitar su deterioro. En la mayoría de los casos, un aparato comienza a generar electricidad con una velocidad del viento de 4 metros por segundo (m/s), lo que equivale a unos 15 kilómetros por hora. Proporciona potencia máxima a velocidades del orden de 12 a 15 m/s (40 a 55 km/h) y debe suspenderse cuando la velocidad alcanza los 25 m/s (90 km/h).

2.3.1.3 El ciclo del viento

El viento es el movimiento del aire a partir de áreas de alta presión a áreas de baja presión. De hecho, el viento existe porque el sol calienta de manera desigual la superficie de la Tierra. Entonces, a medida que el aire caliente se eleva, entra aire frío para llenar el espacio. El sol irradia 174.423.000.000.000 kilovatios-hora de energía por hora a la Tierra, de los cuales aproximadamente 1% a 2% es transformada en energía eólica. Esto representa alrededor de 50 a 100 veces superior a la convertida en Biomasa por todas las plantas de nuestro planeta. Mientras el sol brille, el viento soplará. Cada vez que sopla el viento, las personas lo utilizan para moldear su calidad de vida.

En el trabajo de (OSCAR) mencionó que para estimar los recursos de un sitio se necesitan datos de viento generados por estaciones meteorológicas, preferiblemente de largo plazo. Estos antecedentes deben incluir al menos la velocidad y dirección del viento. Hay varias formas de agregar datos para la evaluación de recursos en un sitio específico, y estas técnicas incluyen métodos estadísticos y directos. Para predecir cambios en la velocidad media del viento a largo plazo, se utiliza una función de distribución acumulativa o curva de duración del viento.

2.3.1.4 Las máquinas eólicas

Existen dos tipos principales de máquinas que aprovechan la energía contenida en el viento: los molinos, que se utilizan fundamentalmente para bombeo mecánico de agua, y los aerogeneradores de electricidad.

2.3.1.4.1 Molinos

Es muy común en el campo la utilización para extraer agua del subsuelo. El equipo utilizado se denomina molino multipala en razón de estar compuesto por un número elevado (12 a 16) de palas. La razón de este sistema radica en que con muy baja velocidad de viento (apenas una brisa) está en condiciones de trabajar. Al girar acciona mecánicamente una bomba que extrae el agua necesaria.

El diseño de este tipo de molino es de origen norteamericano, introducido en Argentina a mediados del siglo pasado y hoy de fabricación nacional. También es muy utilizado en Australia, Sudáfrica, Holanda y Dinamarca.

2.3.1.4.2 Aerogenerador

Existen 2 tipos de aerogenerador que pueden ser:

De eje horizontal: Es aquel cuyo eje de rotación es paralelo al suelo. Suelen ser los aerogeneradores más comunes y que vemos en los parques eólicos, siendo una estructura o torre que en su parte superior posee aspas que se moverán con la fuerza del viento.

De eje vertical: Su eje de rotación es perpendicular al suelo. Una de sus ventajas es que no ocupan una gran superficie. Sin embargo, su eficiencia suele ser baja pues se ubican muy cerca del suelo y no pueden aprovechar del todo las grandes corrientes de aire.

Otra forma de clasificar a la energía eólica es como:

Terrestre: Cuando los aerogeneradores son ubicados en el suelo. Corresponde a la imagen que usualmente tenemos de un parque eólico en un campo abierto.

Marítima: Cuando se construyen estructuras en altamar. En dichas zonas abiertas el aire suele correr con mayor fuerza que en la superficie terrestre donde existen barreras, como montañas, árboles o construcciones hechas por el ser humano.

Aerogenerador

Es un dispositivo que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Las palas de los aerogeneradores giran entre 13 y 20 revoluciones por minuto, dependiendo de su tecnología, a velocidad constante o variable, donde la velocidad del rotor cambia según la velocidad del viento para una mayor eficiencia.

Un aerogenerador se compone de una torre; al final de la torre se ubica un sistema de orientación, un armario de conexión a una red eléctrica conectado a la base de la torre que se encuentra en su extremo superior, una góndola; que es el marco que cubre la parte mecánica del molino y sirve de base para las palas; el eje y mando del rotor por delante de las palas; y dentro de la góndola, un freno, un multiplicador, el generador y el sistema de regulación eléctrica.

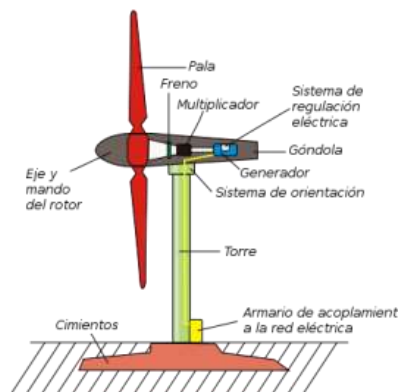


Figura 2. Turbina Eólica. Información tomada de FactorEnergía en el año 2018. Elaborador por el autor.

En la figura 2 se muestra la turbina eólica la cual constan de dos o tres palas, normalmente de composición de fibra de vidrio y con un eje horizontal, denominado “corriente viento arriba”.

El diámetro del rotor determinará la cantidad de energía eléctrica que puede producir la turbina, que a su vez está determinada por la turbina y la capacidad del viento que puede interceptar. Finalmente, la cola, el generador y el rotor están unidos a la coraza de la turbina, ya que la cola es responsable de ayudar a la turbina a mantenerse frente al viento.

Por otro lado, para la torre se debe tener en cuenta la altura a la hora de montar el sistema, ya que generalmente a mayor altura se produce una más energía, por lo que se debe montar la turbina en una torre. Además, la torre ayuda a evitar las turbulencias que se producen en el suelo debido a ciertas perturbaciones provocadas por edificios, árboles y colinas. Se recomienda instalar la turbina a 9 metros de cualquier obstáculo ubicado a 90 metros de la torre. (Ayala et al, 2021).

2.3.1.5 Funcionamiento

En la figura 3 se muestra el funcionamiento el cual es de la siguiente manera, el viento mueve las palas, y estas mueven un eje a una velocidad baja, que se incrementa mediante un mecanismo de engranajes que mueve el eje llamado motriz.

El eje de motriz mueve el generador (generalmente es un alternador porque produce corriente alterna) y produce electricidad en su rotación. La corriente eléctrica producida por el generador es transportada por cables conductores.

El generador produce 690 voltios de energía, que se adapta mediante un transformador para adaptarla al voltaje necesario de la red de distribución, normalmente se eleva 20 y 132 kV, y luego esta energía se envía a la red para su distribución y consumo.

Tanto los aerogeneradores terrestres como los marinos (energía mareomotriz) poseen en la parte superior de la góndola (caja superior donde están los engranajes y el generador) dos instrumentos que calculan la velocidad y la dirección del viento.

Esta información se envía a unos ordenadores de control, y cuando cambia la dirección del viento, el motor hace girar la góndola y las palas se mueven con ella para enfrenar el viento y recibir el viento perpendicular.

Los aerogeneradores requieren una velocidad del viento de al menos unos 3 a 4 metros por segundo para arrancar, pero cuando la velocidad es superior a los 25 metros por segundo, dejan de funcionar por motivos de seguridad. Su rendimiento óptimo se aplica a velocidades de 13 a 14 metros por segundo.

Las aspas también se inclinan o se colocan en ángulo para asegurar que se extrae la cantidad óptima de energía a partir del viento que las golpea. En pocas palabras, es el funcionamiento contrario a un ventilador.

Los aerogeneradores requieren una velocidad mínima de viento de unos 3 a 4 metros por segundo para arrancar, pero cuando la velocidad es superior a 25 metros por segundo dejan de funcionar por motivos de seguridad. Su rendimiento óptimo se aplica para velocidades de 13 a 14 metros por segundo.

Por lo general estos aerogeneradores se colocan en grupo en zonas donde hay mucho aire durante la mayor parte del año. Este grupo de aerogeneradores se denomina "Parques Eólicos".

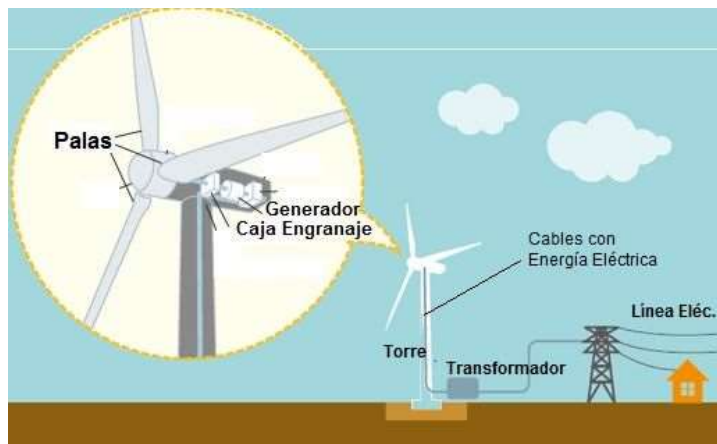


Figura 3. Funcionamiento de la energía eólica. Información tomada de Área Tecnología. Elaborado por Área Tecnología.

2.3.1.6 Proyecto eólico San Cristóbal

- Ubicado en el Cerro El Tropezón de la isla San Cristóbal,
- Inicio de operación: octubre de 2007
- Capacidad operativa: 2 400 kW
- Distribuida en 3 aerogeneradores de 800 kW cada uno, con una producción anual del orden de los 3 500 MWh, que cubren aproximadamente el 30% de la demanda energética de la Isla San Cristóbal en el Archipiélago de las Galápagos.
- La línea de transmisión de 13.2 kV transporta la energía desde el parque eólico hasta la subestación de la central de generación a diésel de ELECGALÁPAGOS S.A. desde donde se distribuye la energía a los usuarios de la Isla San Cristóbal.



Figura 4. Proyecto Eólico San Cristóbal. Información tomada de global sustainable electricity. Elaborado por Global Sustainable electricity.

2.3.1.7 Central eólica Villonaco

- Está ubicada sobre el cerro Villonaco aproximadamente a 14 km del centro de la ciudad de Loja, esta central forma parte de las 31 centrales en operación de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP.
- Potencia de 16,5MW
- Inicio de operación: Enero de 2013
- Cuenta con 11 aerogeneradores de 1,5 MW de potencia nominal, debiendo aportar, de acuerdo al estudio de factibilidad, 59.57 millones de kWh/año al Sistema Nacional Interconectado.



Figura 5. Central eólica Villonaco. Información tomada de CELEC EP. Elaborado por CELEC EP.

2.3.1.8 Proyecto eólico Minas de Huascachaca

- Ubicado en el cantón Saraguro-Loja, el cual registra un avance del 80%.
- El parque eólico ingresaría en operación en el segundo trimestre de 2022.
- Aportará 50 megavatios al Sistema Nacional Interconectado (SNI).
- Con Minas de Huascachaca, el Ministerio de Energía buscar disminuir las emisiones de CO₂ en 76.625 toneladas al año, por medio de la producción de un promedio anual de 126 gigavatios hora (GWh) de energía limpia



Figura 6. Proyecto eólico Minas de Huascachaca. Información tomada de El Comercio 2021. Elaborado por el Comercio.

2.3.2 Energía hidráulica

La energía hidroeléctrica, es una fuente de energía alternativa que se obtiene aprovechando la energía cinética y potencial de las corrientes de agua, cascadas o mareas, como por ejemplo a través de molinos o presas.

Ecuador ha dado pasos importantes para reducir su contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente con la incorporación de centrales hidroeléctricas en lugar de centrales térmicas más contaminantes. Pero los esfuerzos millonarios del país pueden haber dado un paso en falso en su objetivo. Las centrales hidroeléctricas son vulnerables al cambio climático, advierten científicos ecuatorianos e internacionales, y Ecuador no ha hecho lo suficiente para estudiar el fenómeno en el país y asegurar que no se vea afectada la producción de energía. (PlanV, 2020).

Como se mencionó anteriormente la hidroelectricidad es la fuente primordial de generación eléctrica en el Ecuador el cual apostó por el desarrollo de las centrales hidroeléctricas para satisfacer la demanda energética de electricidad, dirigida a satisfacer el consumo de electricidad del Sistema Nacional Interconectado que comprende el sector industrial, comercial, residencial y alumbrado público.

2.3.2.1 Historia

Los antiguos romanos y griegos se servían ya de la energía del agua; utilizando ruedas hidráulicas para triturar el trigo. No obstante, la posibilidad de emplear esclavos y animales de carga atrasó su uso generalizado hasta el siglo XII.

En la edad media, las grandes ruedas hidráulicas de madera tenían una potencia máxima de cincuenta caballos. El mayor desarrollo de la energía hidroeléctrica se atribuye al ingeniero civil británico John Smeaton, quien fue el primero en construir grandes ruedas hidráulicas de hierro fundido. La energía hidroeléctrica fue muy importante durante la Revolución Industrial. Estimuló el desarrollo de la industria textil y del cuero, así como los talleres de construcción de maquinaria, a principios del siglo XIX.

Aunque la máquina de vapor se perfeccionó, el carbón escaseaba y la madera no calificaba como combustible. La energía hidráulica contribuyó al desarrollo de nuevos emporios industriales que surgieron en Europa y América hasta la edificación de canales a mediados del siglo XIX, que aportaron carbón barato.

Se necesitaban presas y canales para instalar ruedas hidráulicas continuas cuando el desnivel era superior a cinco metros. Todavía no era posible la construcción de grandes presas de contención, el escaso caudal de agua en verano y otoño, así como las heladas en invierno, lo que obligaron a suplantar las ruedas hidráulicas por máquinas de vapor en cuanto se pudo disponer del carbón. (ExpoEnergia, 2017)

2.3.2.2 ¿Como se genera la energía hidroeléctrica?

Siempre se ha mencionado que es fundamental que la electricidad y el agua no entren en contacto, pero la una alimenta a la otra; la fuerza y el movimiento del agua de un río o mar se aprovecha para generar electricidad, es decir, energía hidráulica. (Factorenergia, 2021)

Mediante centrales hidroeléctricas se obtiene esta electricidad, que retiene el agua de los ríos en represas y se libera de manera controlada, haciendo que ésta sacuda turbinas y genere electricidad. Algunas represas operan sobre todo el caudal de un río mientras que otras desvían parte de su caudal.

2.3.2.3 Central Hidroeléctrica

Una central hidroeléctrica aprovecha las masas de agua en movimiento que circulan en los ríos para convertirlas en energía eléctrica renovable. Para ello, emplea turbinas acopladas a los alternadores. Según la potencia instalada, las centrales hidroeléctricas pueden ser:

- Centrales hidroeléctricas de gran potencia: más de 10MW de potencia eléctrica.
- Minicentrales hidroeléctricas: entre 1MW y 10MW.
- Microcentrales hidroeléctricas: menos de 1MW de potencia

2.3.2.4 Componentes principales de la central hidroeléctrica

Presa: Es la encargada de retener el agua del río y almacenarla en el embalse.

Rebosaderos: Estos elementos permiten liberar el agua parcialmente retenida sin pasar por la sala de máquina.

Destruidores de energía: Reducen la energía del agua para evitar la erosión o sobrecarga del suelo. Los dos tipos principales son:

Dientes o prismas de cemento: Provocan un aumento de la turbulencia y los remolinos.

Deflectores de salto de esquí: Disipan la energía aumentando la fricción del agua con el aire y chocando con los cojines de agua que se encuentran al caer.

Sala de máquinas: Edificio donde se ubican las máquinas (turbinas, alternadores) y los elementos de regulación y control de la planta.

Turbinas: Convierten la energía cinética del flujo de agua en energía mecánica.

Alternador: Un tipo de generador que convierte la energía mecánica en energía eléctrica.



Figura 7. Interior de una central Hidroeléctrica. Información tomada de Endesa Educa, 2019. Elaborado por Endesa Educa.

Conducciones: El suministro de agua a la turbina se realiza a través de un complejo sistema de canalizaciones. En el caso de los canales, se pueden construir excavando el suelo o artificialmente utilizando estructuras de hormigón. Su construcción está siempre sujeta a las condiciones geográficas. Por lo tanto, la mejor solución es construir un túnel de carga, incluso si el costo de inversión es mayor. La parte final del recorrido desde la cámara de carga hasta la turbina se realiza a través de líneas de agua a presión. Para la construcción de estas tuberías se utiliza acero para los saltos de agua de hasta 2000 metros de altura y hormigón para los saltos de agua de 500 metros.

Válvula: Dispositivo que controla y regula el flujo de agua a través de una tubería.

Pila de equilibrio: Pozos de presión de las turbinas que se utilizan para evitar el llamado “golpe de ariete”, que produce cuando hay un cambio repentino de presión debido a la apertura o cierre rápido de las válvulas.

2.3.2.5 Tipos de central hidroeléctrica

Una central hidroeléctrica depende de las características del sitio donde se construye. En base a esto, se pueden distinguir tres modelos:

Centrales de agua fluyente: El terreno no es demasiado irregular. El caudal del río debe ser lo suficientemente constante para garantizar una potencia determinada durante todo el año. Durante la temporada de precipitaciones abundantes, ejercen su mayor fuerza para dejar pasar el exceso de agua. Por otro lado, durante la estación seca, la potencia disminuye según el caudal, llegando a ser casi nula en algunos ríos durante el verano. No tiene depósito.

Centrales de embalses: Tienen una o más presas que constituyen lagos artificiales en el que se acumula un volumen considerable de agua por encima de las turbinas. El embalse puede originar energía eléctrica durante todo el año, aunque el río se seque totalmente durante algunos meses. Estas centrales requieren por lo general una inversión de capital más grande que la de agua fluyente.

Centrales de bombeo o reversibles. Disponen de dos embalses ubicados a niveles diferentes. Cuando la demanda diaria de energía eléctrica es máxima, las centrales trabajan como una central hidroeléctrica convencional: el agua cae desde el embalse superior haciendo girar las turbinas y después queda almacenada en el embalse inferior. Durante las horas del día de menor demanda, el

agua se bombea al embalse superior para que vuelva a hacer el ciclo productivo. Este tipo de central utilizan los recursos hídricos de una forma más racional.



Figura 8. Central Hidroeléctrica. Información tomada de Endesa Educa,2019. Elaborado por Endesa Educa.

2.3.2.6 Funcionamiento de una central hidroeléctrica

En la figura 9 se puede observar cómo es el funcionamiento de una central, una presa se ubica en el cauce de un río y acumula artificialmente una determinada cantidad de agua para formar un embalse. Esto permite que el agua obtenga energía potencial, que luego se convierte en electricidad. Para ello, la presa se ubica aguas arriba, con una válvula que controla la entrada de agua al canal de presión, antes de dirigir el agua a las tuberías forzadas de las turbinas en la sala de máquinas de la planta. El agua a presión en la tubería forzada convierte su energía potencial en energía cinética (es decir, pierde fuerza para ganar velocidad). Tras llegar a la sala de máquina, el agua actúa sobre los álabes de la turbina, convirtiendo su energía cinética en energía mecánica de rotación. El eje de la turbina está conectado al eje del generador, que convierte la energía de rotación en corriente alterna de voltaje medio a medida que gira. Una vez que el agua pierde su energía, regresa al río aguas abajo de la central a través de un canal de desagüe.

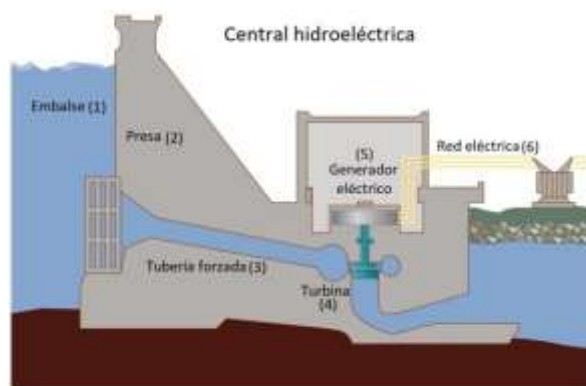


Figura 9. Funcionamiento de una central Hidroeléctrica. Información tomada de Endesa Educa,2019. Elaborado por Endesa Educa.

2.3.2.7 Central hidroeléctrica Pucará

Ubicación: Ciudad Pillaró, Parroquia San José de Poaló.

Inicio de operación: 15 de diciembre de 1977, esta central hidroeléctrica, administrada por CELEC EP HIDROAGOYÁN, ingresó en acción comercial con sus dos unidades de generación, tipo Pelton, de 36.5 MW (megavatios) cada una, que suman un total de 73 MW de potencia instalada. Esta central, que en un inicio se nombró Pisayambo, cumple 44 años de generación hidroeléctrica para el desarrollo del país.

La central Pucará comenzó como un ambicioso proyecto de ingeniería por parte del desaparecido Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), es una de las obras que marcó un antes y un después en el progreso eléctrico del país, por su diseño y construcción.

Pucará ha cumplido con un eficaz servicio de generación eléctrica. También, cumple con un objetivo fundamental que es el de suministrar del líquido vital al canal de riego Píllaro, que favorece a los agricultores de esta importante zona de la provincia de Tungurahua.

La extensión global de la zona de influencia del proyecto es de 250 Km², con una producción media anual de 230 GWH.



Figura 10. Central Pucara-Pisayambo. Información tomada de Petroenergía, 2021. Elaborado por Petroenergía .

2.3.2.8 Hidroeléctrica Toachi Pilaton

Ubicación: Provincias de Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas y Cotopaxi, cantones Mejía, Santo Domingo de los Tsáchilas y Sigchos

Potencia: 254.40 MW

Este Proyecto Hidroeléctrico aprovecha el potencial de los Ríos Toachi y Pilatón, con un caudal medio anual de 41.30 m³/s y 28.65 m³/s correspondientemente, servibles para su generación aportando una energía media de 1120 GWh/año.

Presenta un avance de 92.94% (diciembre de 2021).

Construida por Tres Empresas

- International Water and Electric Corporation “China”
- Inter Rao “Rusia”
- Celec – Hidrotoapi “Ecuador”

Su construcción está Entre 1108 y 720 m a nivel del mar



Figura 11. Diagrama Esquemático de la Estructura del Proyecto. Información tomada de CELEP. Elaborado por CELEP.

2.3.2.9 Central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair

Este es uno de los proyectos más importantes de Ecuador desde que se puso en marcha en noviembre de 2016, el país ha logrado la independencia energética y ha evitado comprar energía a países vecinos, siendo una obra en la que obtenemos energía limpia y segura que contribuya al desarrollo energético y la economía.

Colaboró al S.N.I. la energía neta de abril de 2016 a diciembre de 2021 es de 34.938,60 GWh.

La central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair está ubicada entre las provincias de Napo y Sucumbíos, a 4 horas en auto desde la capital, en los estados de Chaco y Gonzalo Pizarro (norte de Ecuador). Aprovecha la formación del río Coca, que en un área descrita por el río, desciende 620 m, con un caudal promedio anual de 287 m³/s para su potencia hidroeléctrica.



Figura 12. Partes de la central Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair. Información tomada de CELEP. Elaborado por CELEP.

2.3.3 Energía por biomásas

La energía procedente de biomasa es aquella que nace a partir de los seres vivos o sus desechos, y representa un atractivo potencial de aprovechamiento para su transformación en biocombustible, que consigue mitigar el uso de combustibles fósiles no renovables como el petróleo.

2.3.3.1 ¿Qué es un biodigestor?

Es un reactor químico simple en donde se realiza la desintegración de desechos orgánicos, ya sea de origen animal o vegetal, con el propósito de adquirir productos aprovechables como biogás y en la mayoría de los casos, bioabono líquido, mejor conocido como biol que se utiliza como fertilizante para los sembradíos.

Los biodigestores son muy significativos en zonas rurales donde son manejados como fuente de energía y de fertilizantes, dándole un segundo uso a los desechos diarios de las granjas. Además, los biodigestores permiten reciclar materiales orgánicos en las viviendas, así como, obtener biogás para cocinar o calentar agua. A este tipo de biodigestores se les conoce como biodigestores caseros. (Noguera, 2020).

La implementación de equipos de biodigestión es cada vez más común en el Ecuador. No solo en el sector de la producción agrícola, sino también en muchos proyectos residenciales actuales sin alcantarillado, siendo esta una energía que recientemente se está integrando en el país se puede conocer mediante la investigación, que existen empresas que se dedican a la implementación de este sistema que generalmente se lo usa en áreas rurales aprovechando los desechos orgánicos un

claro ejemplo son las chancheras, las cuales utilizan los desechos de los animales para producir biol mismo que es utilizado como gas natural para dar calor a los lechones.

2.3.3.2 Historia

Las primeras menciones de biogás datan del año 1600 d.C. identificado por algunos científicos como un gas producido por la descomposición de materia orgánica.

En 1890 se informó de la construcción del primer tanque de almacenamiento biológico a gran escala en la India y ya en 1896 en Exeter Inglaterra el alumbrado público funcionaba con gas obtenido de digestores de estiércol para destruir y fermentar los lodos de depuradora de la ciudad.

Después de la Guerra Mundial las llamadas plantas de biogás comenzaron a extenderse en Europa sus productos se utilizaron en tractores y automóviles de la época. Los llamados tanques "Imhoff" para el tratamiento colectivo de aguas residuales se distribuyen por todo el mundo. El gas producido se utilizaba para el funcionamiento de las propias centrales en los vehículos de la ciudad y en algunas localidades.

Durante los años de la Segunda Guerra Mundial los biodigestores comenzaron a extenderse a escala rural en Europa, China e India y se convirtieron en líderes en este campo. Este desbordamiento se vio interrumpido por el fácil acceso a los combustibles fósiles y la investigación y la difusión se iniciaron con gran ímpetu en todo el mundo incluida la mayor parte de América Latina hasta la crisis energética de la década de 1970.

Los últimos 20 años han logrado descubrir el funcionamiento de procesos microbiológicos y bioquímicos gracias a nuevos equipos de laboratorio que permiten el estudio de microorganismos en relación a condiciones anaeróbicas (sin oxígeno). Estos avances en la comprensión de los procesos microbiológicos han ido acompañados de importantes logros en la investigación aplicada dando como resultado grandes avances en el campo de la tecnología. Los países productores de tecnología más importantes en la actualidad son: China India Países Bajos Francia Reino Unido Suiza Italia EE. UU. Filipinas y Alemania que cuentan con plantas de tratamiento de residuos industriales. Ha experimentado un importante desarrollo tras dar el primer paso a nivel piloto. A lo largo de los años la tecnología del biogás se ha especializado cubriendo hoy en día áreas de aplicación muy diferentes con objetivos muy diferentes abarcando ciertos propósitos en combinación con los métodos de tratamiento aeróbicos clásicos. (RUBIO, 2015).

2.3.3.3 Estructura básica de un biodigestor



Figura 13. Estructura de un Biodigestor. Información tomada de IQR Ingeniería Química, 2020. Elaborado por IQR.

En la figura 13 se puede observar la estructura de un biodigestor el cual permite con una construcción adecuada ejecutar una descomposición eficiente. Por lo general, incluyen las siguientes partes:

1. Se incorporará una pila de carga donde se utilizará la materia prima o la biomasa.
2. Una pila de descarga, que permitirá retirar los residuos sólidos y líquidos resultantes de la descomposición.
3. Cámara de carga y nivelación de agua, generalmente debe estar antes que la cámara de digestión para garantizar una nivelación y mezclado homogéneo.
4. Cámara de digestión o fermentación. Es el lugar en donde se ejecutará la biodigestión o desintegración del material orgánico en ausencia de aire.
5. Cámara de almacenamiento de gas. Es la zona en donde se acumulará el biogás antes de ser extraído y almacenado.
6. Agitador. Instrumento utilizado para mover los residuos que puedan quedar en el fondo del biodigestor para que puedan ser utilizados en el proceso.
7. Cámara de hidrogenación y post-tratamiento (filtros y otros sistemas de tratamiento de residuos a la salida del reactor)
8. Tuberías para transportar el biogás obtenido durante el proceso al tanque de almacenamiento y a zonas de aprovechamiento directo, como cocinas, estufas o calentadores de agua.

2.3.3.4 Tipos o clases de biodigestores

Actualmente, existen varios tipos de biodigestores en el mercado.

2.3.3.4.1 Biodigestor de flujo continuo

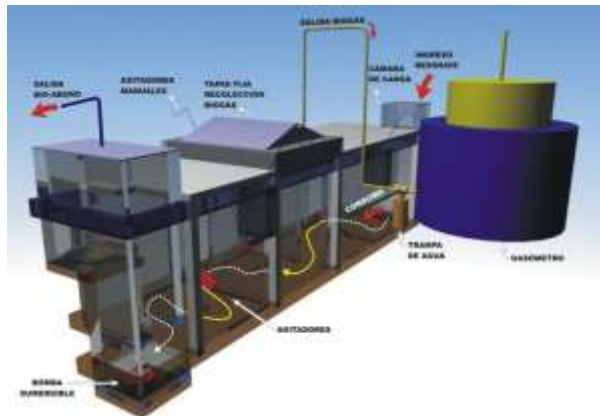


Figura 14. Biodigestor de flujo continuo de desplazamiento horizontal. Información tomada de eg-Ingeniería. Elaborado por Eg-Ingeniería.

Este tipo de biodigestor es comúnmente usado para el tratamiento de aguas residuales. Como su nombre lo indica, el flujo del material residual pasa de manera continua por este tipo de reactores.

Suelen ser grandes de escala industrial, además de contar con diferentes sistemas de control de procesos. Su principal característica es permitir la producción de grandes cantidades de biogás. A su vez, este tipo de biodigestor se puede clasificar en las siguientes categorías:

- Sistema de desplazamiento horizontal (utilizan la gravedad y un cilindro pistón para mover el flujo).
- Sistema de tanque vertical.
- Sistema de tanques múltiples.

2.3.3.4.2 Biodigestor de flujo discontinuo



Figura 15. Biodigestor simple de flujo discontinuo. Información tomada de DisAmbiental. Elaborado por DisAmbiental..

Como sugiere el nombre, el flujo no pasa continuamente por este biodigestor. Son reactores en los que la descomposición se realiza por lotes, es decir se introduce toda la carga al inicio del proceso y se retira al concluir la descomposición.

Están menos automatizados que los biodigestores descritos principalmente y requieren más mano de obra para trabajar. Además, estos biodigestores requieren toda una estructura separada para su funcionamiento ya que operan por lotes, requiriendo almacenamiento de la biomasa y depósitos para los productos finales. Generalmente, son colocados en paralelo para hacer varias descomposiciones al mismo tiempo

2.3.3.4.3 Biodigestor de flujo semicontinuo.

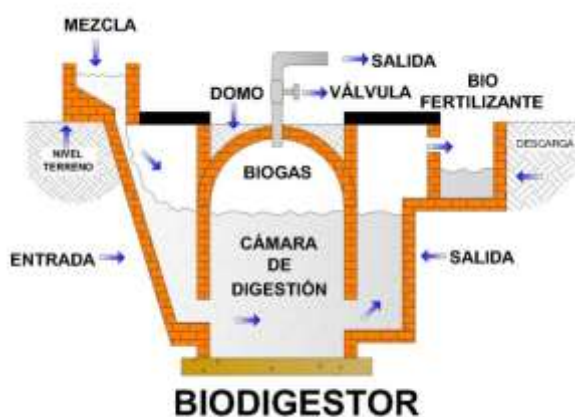


Figura 16. Esquema de biodigestor semicontinuo de cúpula fija o sistema chino. Información tomada de Taringa. Elaborado por Taringa.

Estos biodigestores se encuentran entre los de flujo continuo y los de flujo discontinuo. Las cargas se introducen en el biodigestor y los productos se retiran en pequeños lotes o baches de manera periódica (por ejemplo, cada 12 horas), que pueden operar de forma continua en el tiempo sin necesidad de detener el trabajo.

Requieren menos mano de obra que un biodigestor discontinuo, pero requieren de equipos mecánicos para movilizar la biomasa y transportar el gas a sus depósitos. Son manejados generalmente para tratar el agua contaminada y pueden ser de tres tipos:

- Cúpula fija o sistema Chino: Diseñado para excluir malos olores y conseguir gas para alumbrado público y estufas, centrado en la eliminación de los desechos orgánicos y en la generación de fertilizantes.
- Cúpula móvil o sistema Hindú: Desarrollado en la India después de la Segunda Guerra Mundial con el fin de suministrar de combustible a los campesinos del país. La característica principal de este biodigestor es que trabaja a presión constante y su manipulación es muy sencilla.
- Biodigestor salchicha o de bajo costo (Taiwán): Están montados a partir de mangas de polietileno tubular de muy bajo costo. Se definen por requerir muy poco mantenimiento y por su manera de instalación la cual es muy fácil. Son muy utilizados en el sureste asiático, Suramérica y Centroamérica.

2.3.3.5 Proceso de biodigestión



Figura 17. Planta funcional de biodigestión. Información tomada de Revista Petroquímica. Elaborado por Revista Petroquímica.

Internamente del biodigestor se lleva a cabo el proceso de biodigestión. Aunque se trata de un proceso de baja complejidad en el interior del reactor se producen cambios químicos significativos y contrariamente a lo que se podría pensar, la mayoría de los residuos nocivos para el medio ambiente y los seres humanos se eliminan en el proceso.

El primer paso es ubicar el biodigestor y recolectar las materias primas. Es recomendable mantenerlo cerca de materias primas o biomasa. Si se encuentra en una zona rural lo ideal es permanecer cerca de una granja que proporcionen biomasa para el equipo.

Si se encuentra en una zona urbana se debe asegurar el acceso a las aguas residuales y residuos orgánicos para evitar posibles focos de infección al mover materia orgánica en descomposición.

De no ser un biodigestor continuo, debe instalarse una zona aledaña para la cosecha de la biomasa o materia prima, con filtros de aire para evitar la emanación de gas a los alrededores mientras se encuentra almacenada, y trabajar ágilmente para evitar que ésta se descomponga antes de tiempo.

El siguiente paso es trasladar la materia prima a la pila de carga, de modo que la cámara de carga se llene de la biomasa. Se debe añadir agua para diluir la biomasa. La homogenización se lleva a cabo en la zona del biodigestor con una forma de mezclado.

Una vez completa la mezcla se pasa a través de una cámara de digestión (el corazón del biodigestor) en condiciones anaeróbicas (sin oxígeno). Aquí es donde tiene lugar todo el proceso de descomposición. Lo que sucede ahí es que la mezcla se fermenta por acción de microorganismos bacterianos presentes en la materia orgánica.

Estos microorganismos actúan sobre los desechos orgánicos de plantas y animales descomponiéndolos y produciendo un gas rico en metano (CH_4) que también contiene CO_2 y trazas de hidrógeno conocido como biogás. Este proceso toma un tiempo estimado de 15 a 30 días dependiendo de los reactores dando tiempo a que los microorganismos compuestos por bacterias y hongos crezcan en una mezcla de desechos y agua.

El proceso es muy delicado y puede verse afectado por la temperatura ambiente por lo que se debe controlar la temperatura entre 18 y 20 grados Celsius. También se debe controlar la presión

para evitar accidentes y mantenerla en un nivel constante para promover la formación de biogás en el caso de los biodigestores semicontinuos.

Cuando se completa el proceso el gas se dirige a través de un sistema de válvulas y tuberías a los tanques donde se pueden llenar tanques más pequeños y se pueden alimentar sistemas directos como estufas y calentadores de agua.

El residuo de este proceso se introduce en la cámara de hidrogenación y posterior tratamiento tras vaciar al biodigestor. Aquí los residuos pasan por una serie de filtros de piedra microfibras y filtros de algas para eliminar todo tipo de contaminantes nocivos y dejar un producto rico en nutrientes nitrato inorgánico (NO_3) potasio (K) y fósforo (P) conocido como biol un fertilizante muy eficaz para las plantas

En esta parte del proceso este biol que es líquido se seca y se separa del líquido. Mientras que los residuos líquidos van a sitios de tratamiento de agua o humedales para eventualmente transferirlos al agua de riego o a fuentes de agua.

Los residuos son muy limpios y casi no tienen rastro de contaminantes de hecho los patógenos e incluso los parásitos intestinales se eliminan casi por completo lo que permite devolverlos directamente a los puntos de agua o al suelo.



Figura 18. Funcionamiento de Biodigestores. Información tomada de puentes digitales. Elaborado por Puentes Digitales.

En la actualidad en el Ecuador existen empresas que se dedican a la instalación de biodigestores como es el caso de:

2.3.3.6 RedbioEc

Esta es una red de agentes relacionados con dispositivos vinculados a los biodigestores (REDBIOEC) como un clon de la Red de Biólogos de América Latina y el Caribe (REDBIOLAC) o la Red de Biomasa de Colombia (REDBIOLCOL) desarrolló un evento único de presentación e intercambio en 2016 en Quito con más de 100 participantes.

Es una herramienta destinada a reunir a los actores de la investigación aplicada y difundir la biodigestión anaeróbica para promover el tratamiento y la gestión integral de los residuos orgánicos, así como estrategias para mejorar la comodidad de las personas.

La red inició su primera actividad en 2016 a base de la primera reunión nacional de sus miembros que trabajan en el campo de la biodigestión y ahora busca expandir sus actividades, difundir conocimientos prácticos de biodigestión a nivel nacional y fortalecer la industria como un todo a través de una serie de cursos.

Iniciativa desarrollada por RedBioEc y financiada por WISIONS.



Figura 19. Biodigestor tubular plástico instalado en Imbabura. Información tomada de climate technology centre network (CTCN). Elaborado por CTCN.

2.3.3.7 Rastro

La Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito en conjunto con la Empresa Eléctrica Quito y el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, construyen un biodigestor para aprovechar los desechos biológicos provenientes del sacrificio de los animales.

Con la recuperación de la energía a través del biodigestor se prevé lograr calentar el agua que utiliza la EMRAQ-EP para productos de limpieza e instalaciones, con el fin de ahorrar en el uso del gas licuado de petróleo, en el que actualmente se calienta el agua.

El objetivo del proyecto era demostrar que la tecnología de digestión anaeróbica permite la recuperación de desechos orgánicos, la producción de biogás la producción de fertilizantes y la capacidad de utilizar la energía disponible para replicar esta tecnología a gran escala usando toda la materia orgánica.

El proyecto también producirá un biofertilizante llamado biol que se obtiene de los restos sólidos del proceso de gasificación. El sólido se utiliza como fertilizante agrícola que es bueno para el cultivo de flores

Cada día la piscina de recolección recibe 4 metros cúbicos (m^3) de desechos. La capacidad del tanque es de 20 m^3 y para generar gas los residuos deben conservarse durante 2-3 meses.

Este no es el único proyecto ambiental realizado por EMRAQEP ya que la planta de tratamiento de aguas residuales tiene más de 5 años de operación, la planta limpia los líquidos para que puedan ser retirados por la red de drenaje de aguas residuales. (RASTRO, 2020).

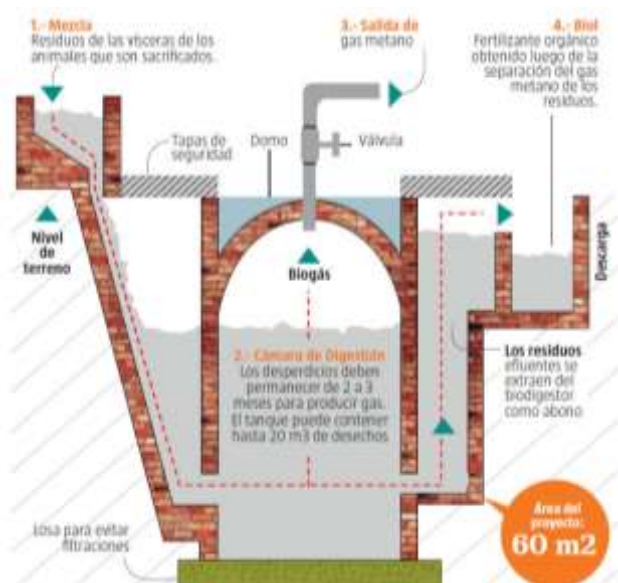


Figura 20. Producción de Metano y Abono. Información obtenida de empresa metropolitana de Rastro. Elaborado por Rastro.

2.3.3.8 Biodigestores Ecuador

Actualmente el país cuenta con más de 50 obras de biodigestión, la tecnología cada vez se desarrolla y mejora para atender a los usuarios.

Logros:

- Primer compromiso formal y serio de Biodigestores en el Ecuador.
- Participaron en los Premios Latinoamérica Verde ocupando el puesto 19 en la categoría Agua y el 156 entre 500 proyectos. EN 2016.
- Desarrollo individual e innovador de válvulas limitadoras de presión y válvulas limitadoras de biogás.
- Participación y redacción del primer manual sobre la Introducción de biodigestores en los sistemas agrícolas del Ecuador. Directrices preparadas para el Ministerio del Medio Ambiente 2015.
- Ejecución de los primeros biodigestores de gran capacidad en diseño de flujo continuó.
- BE es una empresa con tecnología amigable con el medio ambiente (biodigestor) para solucionar problemas ambientales en los campos de la industria - agricultura y tratamiento ambiental.

2.3.4 Energía Solar

La energía solar o fotovoltaica se adquiere del beneficio de la radiación electromagnética procedente del Sol y esta es aprovechada mediante la captación en paneles solares para luego ser procesada y posteriormente utilizada como energía eléctrica cumpliéndose así el principio de la conservación de la energía.

2.3.4.1 El sol como fuente de energía

El Sol es una estrella formada por varios elementos en estado gaseoso (principalmente hidrógeno) con un diámetro de 1,4 millones de km. En su interior tiene una alta presión con una temperatura de varios millones de grados creando una fusión nuclear espontánea y continua de origen solar esta energía se disipa con una capacidad de 3.7.10¹ TW. Aunque el Sol ha proporcionado esta energía durante 6.000 millones de años todavía hay suficiente hidrógeno en su núcleo para mantener el ritmo actual de disipación de energía durante al menos otros 8.000 millones de años sin cambios significativos en su aspecto o comportamiento, puede considerarse como una fuente inagotable de energía. Sin embargo, no toda la energía emitida por el Sol llega a la Tierra ya que ésta sólo forma una superficie de captación insignificante situada a 150 millones

de kilómetros de distancia. Así la energía interceptada por la Tierra 173.000 TW es sólo una pequeña fracción de la energía emitida por el Sol.

Aun así, este poder es unas 10.000 veces mayor que el proporcionado por todas las formas de energía utilizadas por los humanos en la Tierra. La constante solar se define como la cantidad de energía solar recibida por unidad de superficie y unidad de tiempo sobre una superficie perpendicular al Sol situada en el límite de la atmósfera a la distancia Tierra-Sol. La media anual. Su valor es de 1.353 Wm² y representa la energía media que llega a la capa más externa de la atmósfera terrestre. Por otra parte, esta energía corresponde a radiación electromagnética formada por un conjunto de longitudes de onda, cuya velocidad de propagación es de 300.000 kms. (UPDELAE)

La energía solar es una de las fuentes de energía más viables y puede generar miles de kilovatios de energía, lo que ayuda a la humanidad en esta era de tecnología y consumo de electricidad, uno de los mayores inconvenientes de esta tecnología es su alto costo, que a su vez reducirá el uso de paneles fotovoltaicos. A pesar de estos inconvenientes, la tecnología avanza y este tipo de equipos son necesarios porque con el tiempo la radiación solar seguirá llegando a la tierra y los combustibles fósiles, que son recursos no renovables, se agotarán.

2.3.5 Radiación solar

La radiación solar, son formas de energía que desde el sol se distribuyen y llega a la Tierra, como resultados de las reacciones nucleares que ocurren en el Sol. Las reacciones nucleares generan energía, las cuales viajan por el espacio en forma de onda de partícula y dicha energía no se absorbe el 100% como efecto de choques, inducciones y otros fenómenos, por lo que puede ser utilizada en campos tecnológicos, sabiendo que la temperatura promedio en el sol es de 5500 °C. (CASTRO, 2019)

Debido a que el sol está compuesto por un noventa y nueve por ciento de Hidrogeno y Helio, funciona como un reactor termonuclear en el cual los átomos chocan entre sí.

La humanidad, al desarrollar y utilizar esta tecnología, podrá hacer muy factible el desarrollo energético a escala global, la irradiación solar que alcanza la atmosfera terrestre según estudios la mitad llega a la superficie del planeta, debido a que las capas superiores de la atmósfera absorben

la mayor parte de la energía ultravioleta, mientras que otra parte es devuelta al espacio debido a su difusión, reflexión y refracción

2.3.5.1 Tipos de radiación solar

La incidencia de los rayos solares que llegan a la tierra, configura tres tipos de radiación, (CASTRO, 2019):

Directa: Cuando la radiación que sale del sol no cambia de dirección, sin que la atmósfera interfiera en su dirección.

Difusa: Son refracciones o radiaciones solares que han virado de dirección y velocidad, debido al choque con los distintos tipos de materiales de la atmósfera.

Albedo: Es el producto de radiación reflejada, obtenida por diferencia entre radiación incidente y radiación refractada, como consecuencia de choques con elementos de la atmósfera.

La representación gráfica de los tipos de radiación en la presente investigación es la siguiente:



Figura 21. Tipos de Radiación solar. Información tomada de Google. Elaborado por el autor.

2.3.5.2 Irradiación solar del Ecuador

El Ecuador al situarse en la línea ecuatorial tiene el privilegio de gozar con una radiación solar promedio superior a otros países, consiguiendo cuadruplicar su valor, como es el caso de España, el cual tiene un promedio de $1.600 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$ a comparación de Ecuador que tiene $4.574,99 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$ de radiación solar demostrando que es un país rico en referencia a la energía solar (García, 2020).

Según los estudios realizados, el nivel máximo de concentración en w/m^2 aumenta paulatinamente según la hora del día, ya que a partir de las 12:00 de la mañana comienza a disminuir hasta la llegada de la noche, hora en la que el nivel de irradiación llega a cero. La irradiación depende de la curva en la que se encuentren los paneles fotovoltaicos, e incluso hay que tener en cuenta las condiciones climáticas, que indirectamente afectan a este tipo de conversión de energía.

En la Figura 22 se puede observar el mapa solar del Ecuador, el cual es un referente ideal para conocer la radiación que existe en el país en función de su área.

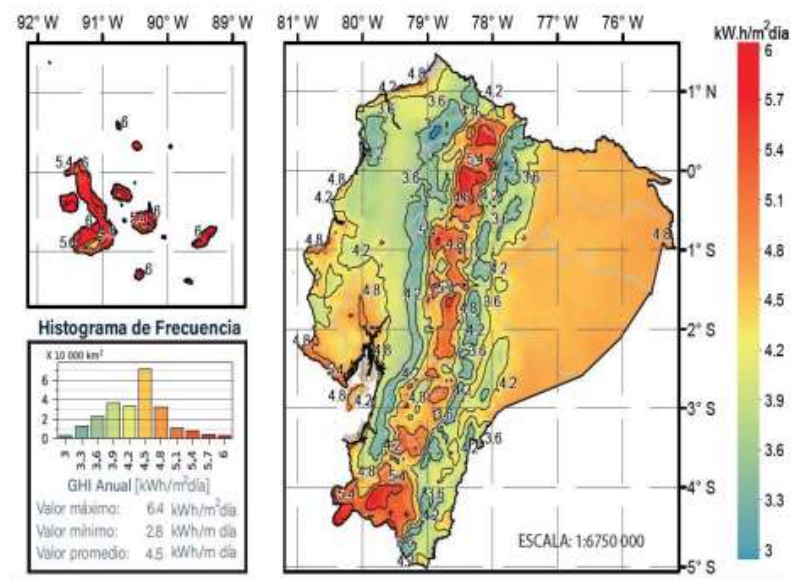


Figura 22. Irradiación Solar Global Horizontal (GHI). Información tomada de (Vaca & Ordoñez, 2019). Elaborado por Vaca & Ordoñez, 2019.

2.3.5.3 Tipos de sistemas solares fotovoltaicos

Existen diferentes tipos de sistemas solares fotovoltaica los cuales varían por sus diferentes configuraciones. Para poder ser utilizados en áreas remotas, extraer agua, sistemas de iluminación o usarlo como un servicio público dentro de la ciudad.

2.3.5.3.1 Sistemas de energía solar directos o de uso diurno DC-DC

Estos sistemas trabajan conectando los aparatos eléctricos directamente al panel solar. Funcionan solo de día cuando el panel solar recoge la radiación del sol.

Aplicaciones:

- Equipos de bombeo de agua.
- Ventilación.

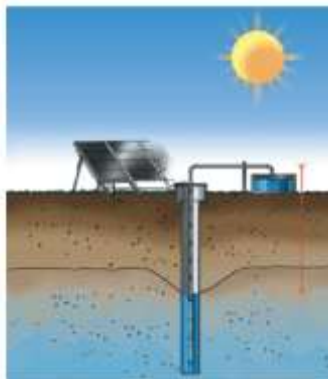


Figura 23. *Sistemas de energía solar directos o de uso diurno DC-DC. Información obtenida de SUN SUPPLY, 2021. Elaborado por SUN SUPPLY.*

Un sistema de bombeo de agua o riego de agua con energía solar, trabaja durante el día, cuando la energía procedente por el arreglo de paneles solares es capaz de mover el motor de la bomba solar, y así el agua de pozos hasta de 200m de profundidad

2.3.5.3.2 Sistemas de energía solar con almacenamiento de energía

Este tipo de configuración se caracterizan por almacenar la energía producida por los paneles solares en baterías para uso diurno y nocturno. Esta configuración se puede utilizar para alimentar cargas de corriente directa (DC) o para cargas de corriente alterna (AC). La mayoría de los dispositivos en nuestros hogares se utilizan como cargas de corriente alterna o AC.

Aplicaciones:

- Proporcionar energía a equipos y electrodomésticos en áreas remotas.
- Refrigeración de alimentos y medicamentos en áreas remotas.
- Sistemas de telecomunicaciones.
- Sistemas de iluminación.
- Alumbrado público.

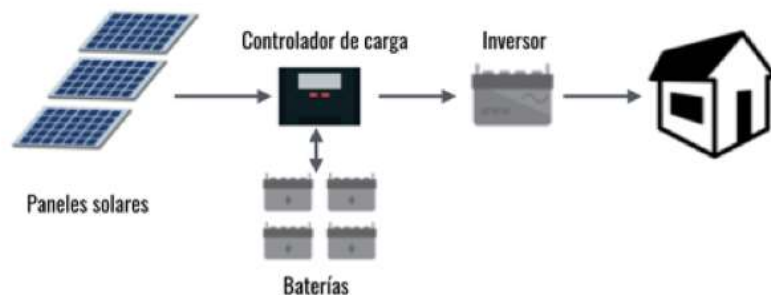


Figura 24. Sistema solar fotovoltaico con baterías con inversor para cargas Ac. Información obtenida de SUN SUPPLY, 2021. Elaborado por SUN SUPPLY.

2.3.5.3.3 Sistemas de energía solar híbridos

Este tipo de configuración se caracteriza por la integración de otra fuente de energía externa a los paneles solares. Generalmente esta configuración utiliza un inversor de potencia híbrido que integra la energía generada por los paneles solares, la energía almacenada en las baterías y la energía de otra fuente externa.

Una fuente externa de energía puede ser: un generador de diésel, una turbina eólica, o simplemente la red eléctrica.

Por lo general estos sistemas se usan para reducir el número de equipos, lo que reduce los costos.

Aplicaciones:

- Respaldo de energía en áreas remotas.
- Reducción de costos en combustible y mantenimiento de plantas de diésel.
- Plantas de respaldo amigables con el medio ambiente.
- Sistema Solar Hírido

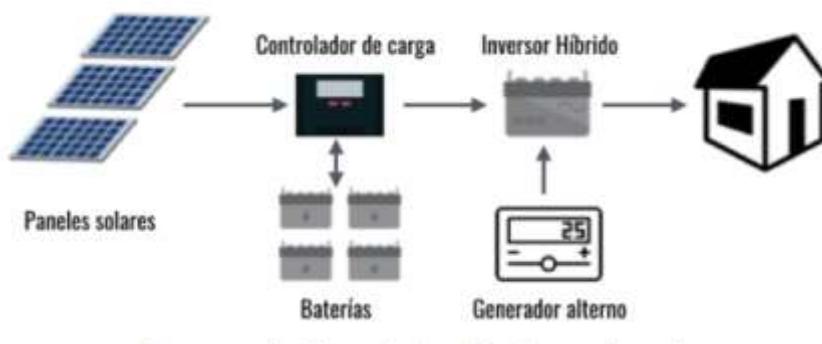


Figura 25. Sistema Solar Fotovoltaico Híbrido con Baterías. Información obtenida de SUN SUPPLY, 2021. Elaborado por SUN SUPPLY.

2.3.5.3.4 Sistemas de energía solar interactivos con la red eléctrica o conectados a la red eléctrica (on-grid)

Este tipo de configuración es el más común en el mundo, especialmente como servicio público. Este sistema de energía solar alimenta la casa o edificio donde está instalado durante el día. Si los paneles solares generan más energía de la que se está consumiendo, ese exceso de energía se envía a la red eléctrica para que lo use otra casa o edificio. En caso contrario donde la energía consumida es superior a la que puedan producir los paneles solares la energía se toma de la red eléctrica.

En algunos países como Estados Unidos, Canadá, México, Alemania, Francia, entre otros, la energía excedente generada por los paneles solares tiene una remuneración por la empresa de electricidad de la ciudad o por el gobierno.

Cabe explicar que este tipo de distribución no usa baterías (Aunque se pueden integrar) y solo trabajan durante el día. (SUPPLY, 2021)

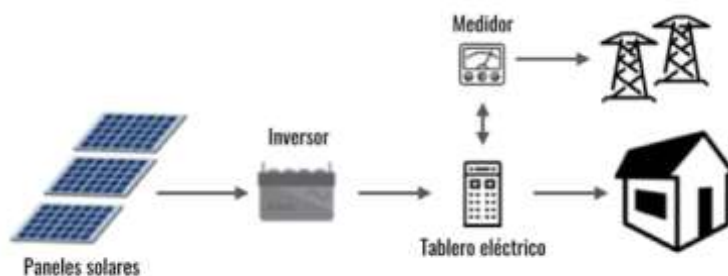


Figura 26. Sistema Fotovoltaico conectado a red. Información obtenida de SUN SUPPLY, 2021. Elaborado por SUN SUPPLY.

En base a la información recopilada se puede considerar que el tipo de sistema solar depende del uso que se les quiera dar, como es el caso del Sistemas de energía solar directos o de uso diurno DC-DC el cual trabaja conectando los aparatos eléctricos directamente al panel solar, el Sistemas de energía solar con almacenamiento de energía, que su almacenamiento se realiza por medio de baterías, el Sistemas de energía solar híbridos el cual integra otro tipo de energía como por ejemplo el proyecto que se llevó a cabo en la universidad de Guayaquil en donde se emplea la energía solar y la eólica, y para finalizar el Sistemas de energía solar interactivos con la red eléctrica o conectados a la red eléctrica (on-grid), que es el más usual ya que este tipo de configuración alimenta a la casa o edificio en donde se implemente, teniendo en cuenta los diferentes tipos que existen en este trabajo se propone el Sistemas de energía solar con almacenamiento de energía ya que es el más idóneo para el área en donde se lo desea implementar.

2.3.5.4 Proyecto de Sistema híbrido de energía eléctrica renovable

Este prototipo fue desarrollado por los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil el cual consta de un sistema de iluminación externa para el corredor central, letras UG y parque lateral en el complejo La Prosperina, avenidas Juan Tanca Marengo y Las Aguas.

El proyecto ‘Diseño e Implementación de un Sistema Híbrido de generación de Energía Eléctrica Renovable, combinando la aplicación de la tecnología de paneles fotovoltaicos, en conjunto con la Tecnología Eólica’, lo dirigió Tomás Ruiz Sánchez.

El mismo consistió en el diseño e instalación en los techos de esa unidad académica, estratégicamente y de acuerdo a la posición del sol, de 10 paneles solares de 150 vatios y un panel solar de 100 vatios trabajando en conjunto con una turbina eólica, con un regulador, que se encuentra a una altura de 30,8 metros. Combinando las dos tecnologías: la de paneles fotovoltaicos, con la eólica, para producir la generación de energía renovable.

Mientras los paneles almacenan la energía solar, la turbina eólica retienen las corrientes del viento, convirtiéndolas en energía pura que se almacena en un banco de tres baterías de 150 amperios para su posterior distribución a los sitios asignados en el proyecto.

El montaje del proyecto tuvo un costo de 8 mil dólares el cual fue iniciado por estudiantes que cursaban el período lectivo 2017-2018, lo continuaron en el 2019-2020 y lo culminaron, en medio de la pandemia, en julio de 2021 (TORRES, 2021)



Figura 27. Los paneles fotovoltaicos que almacenan la energía solar. Información tomada de (Diario expreso, 2021). Elaborado por Diario Expreso.

2.3.5.5 Proyecto solar Pimampiro

Ubicación: cantón Pimampiro provincia de Imbabura

La Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP), a través de la Unidad de Negocio Transelectric, energizó el patio de 138 mil voltios de la subestación Pimampiro. La cual beneficiará a más de 526 mil habitantes de las provincias de Imbabura y Carchi, y es parte del nuevo sistema de transmisión Tabacundo (Pimampiro) a 230 /138 mil voltios.

Cuenta con una extensión de tres hectáreas, 4.160 paneles solares que poseen una vida útil de hasta 25 años, almacenan la energía que irradia el sol, para luego ser transformada en electricidad continua a alterna y la transfieren a la red estatal

Esta planta genera 998 kilowatts y que lograrán abastecer a más de 2.000 familias, es decir, en su totalidad la población urbana de Pimampiro. Al mes, la central generará 28 megawatts. (CELEP, 2021)



Figura 28. *Planta de Energía Solar Pimampiro. Información tomada de Ecuavisa. Elaborado por Ecuavisa.*

2.3.5.6 Proyecto Fotovoltaico en Finca Don Polo

Ubicación: Chandy Parroquia del cantón Santa Elena finca Don Polo, en esta zona existe una alta radiación solar y muchas horas luz. Esto es importante para tener una alta eficiencia del sistema fotovoltaico.

El riego subfoliar, como se llama técnicamente al sistema, y otras actividades de Don Polo trabajan con la energía fotovoltaica que generan 780 paneles solares. La cual está en operación desde el 15 de diciembre. Todo este equipo ocupa un área de 3 000 m² de la finca.

Gino Pinoargote, CEO de la empresa Genera que instaló este sistema, en donde manifiesta que la potencia situada de los 780 paneles es de 413 kilovatios pico. De esa cantidad se maneja 70% a 80%. Esta generación solar está acoplada a la red del sistema eléctrico nacional, según Pinoargote. considera que es la construcción más grande que hay en una finca bananera ecuatoriana. Por eso, Pinoargote piensa que este proyecto es un positivo gesto de transición energética y que Ecuador es reconocido por apuntar hacia la sostenibilidad. Don Polo, donde se siembra desde 2018, consume en los meses pico un promedio de USD 18 000 mensuales. La mayor fracción se debe al uso del equipo de riego. Con los paneles se espera que la planilla eléctrica se reduzca en un 50% y de esa manera se optimizarán los costos de producción. (Comercio, 2022)



Figura 29. Instalación de paneles fotovoltaicos en plantación. Información Obtenida de El Comercio 2022. Elaborado por El Comercio.

2.3.6 Componentes de un sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico se estructura en base a la integración de varios dispositivos electrónicos donde cada uno de ellos cumple una función para establecer un único funcionamiento global, cada uno de los cuales se describen a continuación.

2.3.6.1 Panel solar

Un panel solar no es más que una combinación de varias celdas fotovoltaicas conectadas entre sí, para obtener la diferencia de potencial (voltaje) y corriente según sea necesario, para ello la unión o conexión se puede realizar en serie para aumentar el diferencial de potencial y equilibrar la corriente, y para aumentar la corriente y mantener el voltaje constante la conexión se realiza en paralelo. Para evitar problemas mecánicos o eléctricos las celdas fotovoltaicas están protegidas con una cubierta de vidrio. Se puede apreciar las partes del módulo fotovoltaico en la Figura 30



Figura 30 Partes de un panel solar. Información tomada de (cardenás,2019). Elaborado por Cardenás,2019.

Las conexiones entre paneles se pueden realizar específicamente en función de los requisitos del sistema fotovoltaico ya que no se pueden conectar paneles de diferentes características o de

diferentes marcas. La Figura 31 muestra las conexiones de los paneles además de describir su función:

Conexionado en paralelo: La conexión en paralelo consiste en conectar los terminales positivos y negativos entre sí.

Conexionado en serie: La conexión en serie implica conectar los terminales negativos a los terminales positivos secuencialmente.

Conexionado en serie-paralelo: Este tipo de conexión incluye una conexión en serie y una conexión en paralelo.

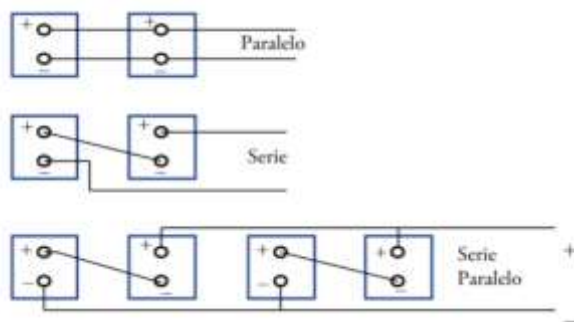


Figura 31. Conexiones de paneles fotovoltaicos. Información tomada de (Torbajas,2018). Elaborado por Torbajas, 2018.

2.3.6.2 Regulador de carga

Este componente del sistema administra de forma eficiente la energía hacia las baterías prolongando su vida útil protegiendo el sistema de sobrecarga y sobre-descargas. Este componente es comercializado basado en su capacidad máxima de corriente a controlar (amperios).

2.3.6.3 Batería (acumulador)

Este componente del sistema administra de manera eficiente la energía eléctrica de los paneles, una vez regulada pasa a las baterías. Estas almacenan la electricidad para poder usarla en otro momento, este componente se comercializa en función a la capacidad máxima de energía y es medida en Amperios hora (Ah).

2.3.6.4 Inversor

El inversor u ondulator es un dispositivo cuyo objetivo principal es convertir la corriente continua CC que obtienen los paneles en corriente alterna AC. En primer lugar, se puede clasificar en base a la señal de salida ya sea onda modificada, onda cuadrática y la onda sinusoidal, que es la que se utiliza en la mayoría de instalaciones de sistemas fotovoltaicos y en el caso de la onda modificada solo cuando existe una carga con una potencia nominal menor a los 400 W.

En caso de los inversores que forman parte de los sistemas fotovoltaicos se clasifican según su aplicación de la siguiente manera:

Inversor autónomo

Inversor híbrido

Inversor conectado a red

2.3.7 Marco legal

El estado a través del ministerio de energía y recursos renovable, ARCOTEL y CONELEC han elaborado diversas leyes o regulaciones que permiten promover la elaboración de proyectos de energía renovables en el país, estas a su vez son aceptadas por el gobierno consiguiendo así que otras empresas puedan lograr implementar proyectos sostenibles de energía verdes que ayuden a reducir el uso de la energía eléctrica tradicional, a continuación se presenta las principales leyes y regulaciones aprobadas por el estado.

Según la ley orgánica de eficiencia eléctrica en el artículo 15 señala que “El estado busca promover, en el sector público y privado, la utilización de tecnologías medioambientales limpias y de energía verdes y de un menor impacto, así como la autoridad energética no se alcanzara en un deterioro de la autoridad alimentaria, ni aquejara el derecho al agua”. (Ley orgánica de eficiencia Registro oficial, pág.2, 2019)

Según la ley del régimen del sector eléctrico en el artículo 5 literal K menciona que uno de los objetivos del estado es “Fomentar el desarrollo y uso de energías verdes por medio de las entidades públicas, las universidades y privadas.” (Régimen del sector eléctrico, 1996).

Así mismo, según la administración del fondo de Electrificación rural y urbano-Marginal (FERUM) artículo 63 de la Ley Ibídem indica que “Es necesario que CONELEC priorice la

asignación de fondos del FERUM a proyectos de electrificación rural a partir de recursos energéticos no convencionales tales como energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras de iguales rasgos”. (FERUM, 2008).

Finalmente, la regulación CONELEC 008/08 indica que “Los proyectos de energía renovables podrán ser presentados ante organismo rector de desarrollo CONELEC, cuando Marco dicho proyecto no pueda ser atendido por medio de redes, ni se ha considerado por la empresa distribuidora”. (Procedimientos para presentar, calificar y aprobar los proyectos (FERUM, 2016).

Todas estas leyes buscan promover e incentivar la creación de proyectos energéticos renovables para sectores que no cuentan con electricidad.

2.3.8 Análisis

En base a la información recopilada de los proyectos de energía renovables que se han llevado a cabo en el Ecuador en los últimos años, se tiene que el 86% es representada por la energía hidráulica, 3 % que corresponde a solar y eólica, 1 % biomasa según datos del ministerio ecuatoriano de energías renovable 2020.

Dependiendo del sector se pueden utilizar diferentes tipos de energía limpias es decir, en el Ecuador al ubicarse en la línea ecuatorial tiene el privilegio de gozar con una radiación solar promedio superior a otros países, llegando al punto de cuadruplicar su valor, en las islas galápagos por su ubicación serían factibles sistemas eólicos como también solares, en zonas rurales dedicadas a la ganadería se podría tratar los desechos orgánicos para la obtención de energía, implementando así un sistema de energía mediante biomasa.

Por otra parte la parroquia el Morro es una zona rural del cantón guayaquil pero esta no cuenta con fuentes ganaderas considerables para tratar desechos orgánicos, y considerando que no en todas la épocas del año existe la misma intensidad de viento es decir que de existir un molino de viento habrían momentos en los que dejaría de girar también lo dejaría de hacer por la obstrucción de otras edificaciones, es por esto que la propuesta es en base a la obtención de energía mediante paneles fotovoltaicos los cuales podrían formar parte de la infraestructura ubicándolos en el techo y parte de la terraza y así captaríamos la energía durante el Día.

Capítulo III

Desarrollo de la propuesta

En el siguiente capítulo se realizará el proceso para el análisis respectivo en donde se determinará si es o no factible la implementación de un sistema de paneles fotovoltaicos en el Infocentro del GAD parroquial El Morro, para lo cual mediante una visita técnica se recolectará la información necesaria y se evaluará el costo de implementación de un sistema fotovoltaico basados en la capacidad instalada del Infocentro, es decir este sistema tiene que cubrir la demanda de kw/h de consumo necesarios para el Infocentro.

Teniendo el dimensionamiento del sistema y el costo que lleva implementarlo se procederá a evaluar el ahorro monetario del sistema y mediante un análisis costo beneficio se determinará la factibilidad de este.

3.1 Población y muestra

Para realizar el siguiente análisis se tomará una muestra poblacional, para el caso de las encuestas que se realizarán a los habitantes de la parroquia “El Morro” se tomará en cuenta la población de la parroquia, y mediante los datos obtenidos del Instituto Nacional de estadísticas y censos (INEC) la población de la parroquia es la siguiente:

Tabla 1 Total de Población de la Parroquia el Morro

Población	Cantidad
Población masculina	2701
Población Femenina	2318
Total de Población	5019

Fuente: INEC 2010. Elaborado por el autor

Para el cálculo de la muestra se consideró la siguiente fórmula.

$$n = \frac{P \times Z^2 \times p \times q}{d^2(N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

En donde:

N: Población= 5019

Z: Nivel de confianza: 95%

p: Probabilidad de éxito: 50%

q: probabilidad de fracaso (1 - p): 50%

n: Tamaño de la muestra

d: Error admisible 10%

$$n = \frac{P \times Z^2 \times p \times q}{d^2(N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

$$n = \frac{5019 \times 1,96^2 \times 0,50 \times 0,50}{0,10^2(5019 - 1) + 1,96^2 \times 0,50 \times 0,50}$$

$$n = 95$$

El tamaño de la muestra es de 95

3.2 Análisis e interpretación de resultados

1. En una escala del 1 al 5 siendo 5 muy importante y 1 poco importante señale la importante que tiene para usted contar con el Infocentro en la parroquia el Morro.

Según la primera pregunta realizada en la encuesta a los habitantes de la parroquia el Morro sobre la importancia que le dan al Infocentro se pudo evidenciar que, de las noventa y cinco personas encuestadas para el 90,5% es muy importante contar con dicho Infocentro.



Figura 32 Importancia del Infocentro. Información tomada de habitantes de la Parroquia El Morro. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

2. ¿Tiene niños que actualmente estén estudiando en su hogar?

Mediante la siguiente pregunta realizada a los moradores del sector se encuentra que la mayor parte de familias cuenta con niños en casa con un porcentaje de 56,8%.

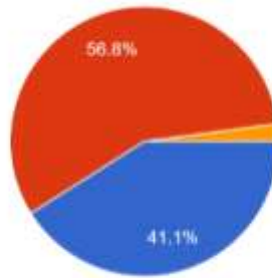


Figura 33 Cantidad de Niños por familia. Información tomada de habitantes de la Parroquia El Morro. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

3. ¿Cuál es el rango de edad de los niños?

El rango de edad esta entre los 5 y 10 años es decir la mayoría de los niños se encuentran cursando la etapa básica de sus estudios.

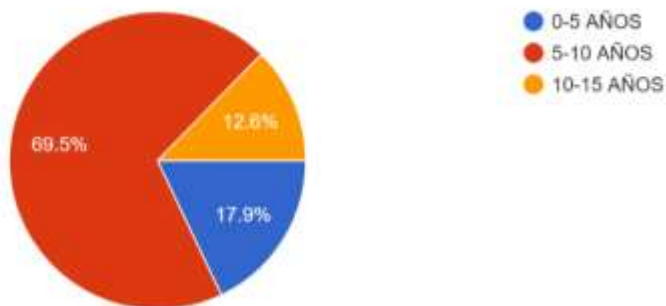


Figura 33 Rango de edad de niños. Información tomada de habitantes de la Parroquia El Morro. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

4. De los miembros de su familia cuántas personas dan uso al Infocentro

De las personas encuestadas el 56,8% mencionaron que en un total de 2 a 3 personas son las que visitan el Infocentro.

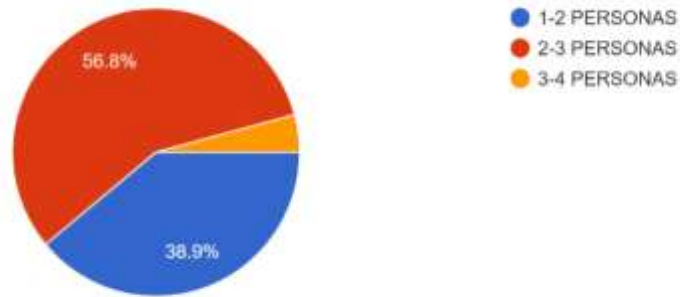


Figura 34 Cuántas personas dan uso al Infocentro. Información tomada de habitantes de la Parroquia El Morro. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

5. ¿Cuántos días a la semana visitan el Infocentro?

El Infocentro no es visitado todos los días por las mismas personas pues el 43,2% de los encuestados alegaron que sus familiares lo visitan 2 veces por semana.

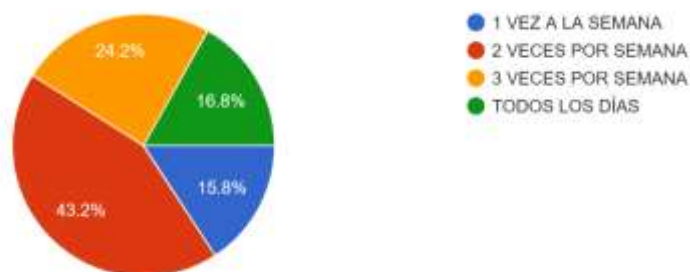


Figura 35 Días que visitan el Infocentro. Información tomada de habitantes de la Parroquia El Morro. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

6. ¿Cuál es el rango de tiempo que le dan uso al Infocentro?

Se pudo obtener que el mayor rango de tiempo es de 0-2 horas, esta información se corroboró mediante las entrevistas realizadas al personal del GAD que nos dio un promedio de 2,5 horas de uso del Infocentro.

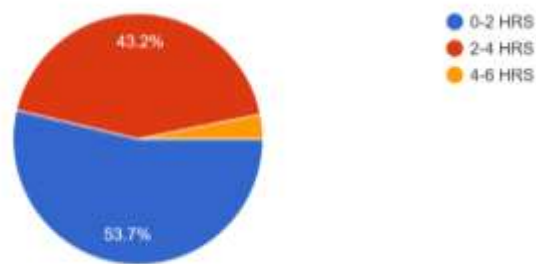


Figura 36 Rango de tiempo que usan el Infocentro. Información tomada de habitantes de la Parroquia El Morro. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

7. De las siguientes alternativas señale cual sería la actividad por la que sus familiares visitan el Infocentro

De la siguiente encuesta se pudo evidenciar que el mayor uso que dan los pobladores al Infocentro es por estudio y trabajo con el porcentaje respectivamente de:

Estudio: 62,8%

Trabajo: 26,7%

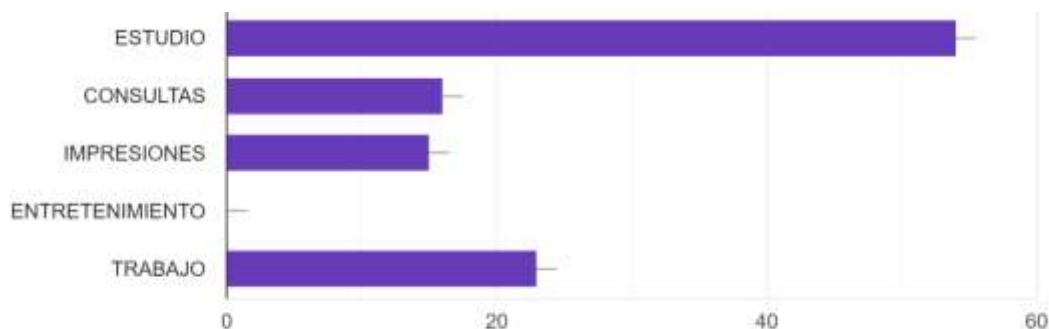


Figura 37 Actividades por las que visitan el Infocentro. Información tomada de habitantes de la Parroquia El Morro. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

9. ¿Conoce usted acerca del uso de los paneles solares?

Según la encuesta realizada, si ha escuchado sobre el uso de paneles solares, se encontró que de las noventa y cinco personas encuestadas el 67,4% contestó que, si conoce, y el 32,6% que no conoce. Este resultado demuestra el nulo conocimiento sobre los paneles solares por parte de los pobladores, por lo que se recomienda darle conceptos básicos del uso de esta tecnología y porque es importante en la actualidad.

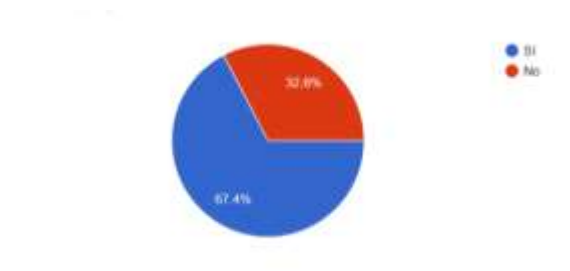


Figura 38 Conocimiento sobre el Uso de Paneles Solares. Información tomada de habitantes de la Parroquia El Morro. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

10. ¿Tiene usted conocimiento de que, con el uso de la energía solar, puede disminuir el pago de la planilla eléctrica?

Como se puede observar de acuerdo a la encuesta realizada sobre el conocimiento de los beneficios que trae consigo la energía renovable, se encontró que de las noventa y cinco personas encuestadas el 68,4% conoce sobre este beneficio, y el 31,6% que no los conoce. Este resultado evidencio que no saben las ventajas de usar estas energías.

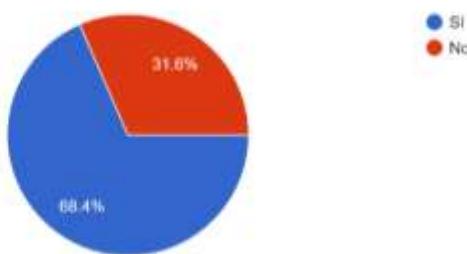


Figura 39 Conocimiento sobre el Uso de energía Solar. Información tomada de habitantes de la Parroquia El Morro. Elaborado por Torres Chalén Nicol

11. En una escala del 1 al 5 siendo el 5 la calificación más alta y el 1 la más baja ¿usted cree que al implementar paneles solares ayudaría a él Infocentro del sector

Por parte de las personas encuestadas se observó un agrado debidamente establecido, ya que los pobladores califican con la puntuación más alta el hecho de que al implementar paneles ayudaría al Infocentro.



Figura 40 Implementación de Paneles Solares. Información tomada de habitantes de la Parroquia El Morro. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

3.2.1 Resumen de entrevistas a profundidad

Personal del Infocentro

Mediante la entrevista realizada al personal del Infocentro se pudo recopilar la siguiente información, que este atiende de lunes a viernes pues es muy concurrido por sus habitantes y sus equipos permanecen encendidos un promedio de 7 horas diarias, ya que al comenzar su jornada tardan 30 minutos en encender las máquinas y otros 30 minutos en ser apagadas siendo 8 horas la jornada laboral, cada persona que usa el Infocentro se demora en un promedio de 0 a 2.5 Horas.

En vista de que el Infocentro más es visitado por investigaciones, todas las computadoras pasan encendidas, y la impresora solo se usa en un promedio de 2.5 a 3 horas.

Presidente del GAD Parroquial

En esta entrevista el presidente comentó que para mantener el Infocentro se necesita de los recursos del gobierno nacional, mismos recursos que ya no se van a dar para mantener el Infocentro, pues se está en un análisis sobre si siguen operativos o no.

El GAD está conectado a la misma fuente de alimentación del Infocentro es por esto que en caso de darse un nuevo proyecto se tendría que independizar el Infocentro, mensualmente se gasta entre \$140 a \$160 de energía eléctrica.

También se mencionó que sería considerable un ahorro de un 30% en energía para así poder realizar gestiones y que este presupuesto ahorrado se invierta en el personal que atiende el Infocentro.

Generalmente este tipo de proyectos lo financian entidades privadas y parte de la ayuda de entidades gubernamentales, las entidades privadas lo hacen como parte de la responsabilidad social.

3.3 Infocentro del Gad parroquial El Morro

En la figura 41 se muestra la distribución de la planta del GAD Parroquial, la cual consta de 2 oficinas una sala de espera y el Infocentro ubicado en la parte trasera.

Las dimensiones del Infocentro son de: 6m de ancho y 8m de largo y sobre la oficina principal se cuenta con una dimension de 6m de ancho y 8m de largo en donde se situaran los paneles fotovoltaicos.



Figura 41. Distribución de Planta del GAD parroquial el Morro. Información tomada de la investigación Directa. Elaborada por Torres Chalén Nicol.

3.4 Consumos Energético del Infocentro

El Infocentro de la parroquia el Morro se encuentra dentro de las instalaciones del GAD parroquial como se muestra en el punto anterior, esto quiere decir que para calcular el consumo energético se realizó una planilla para el obtener un valor estimado del consumo, como se muestra

en la tabla 2 en donde se establece el consumo de cada uno de los equipos que se encuentran operativos, mismos que están detallados como consumo Diario, Semanal y mensual.

Tabla 2 Consumo energético del Infocentro

		V*A=			Potencia		Total de horas diarias	Total consumo diario	Total consumo semanal	Total de consumo mensual
Equipo	Cantidad	v	A	W C/U	Watt	Kw/h	H	Kw/Día	Kw/Semana	Kw/Mes
Aire Acondicionado 12000 btu	1	220	6,4	1408	1408	1,408	6	8,448	42,24	168,96
Impresora Hp	1	120	9,5	1140	1140	1,14	3	3,42	17,1	68,4
Proyector	1	120	2,4	288	288	0,288	2	0,576	2,88	11,52
Focos Led	3	120	0,2	24	72	0,072	8	0,576	2,88	11,52
Computador 1	8	120	2,1	252	2016	2,016	8	16,128	80,64	322,56
Total								29,148	145,74	582,96

Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Torres Chalén Nicol.

3.5 Consumo energético del GAD

El consumo del GAD esta dado por las dos oficinas que tiene, tanto la principal como la secundaria y el alumbrado de las instalaciones, en la tabla 3 se puede apreciar el cálculo aproximado el cual está dado en consumo diario, semanal y mensual a continuación se muestra la tabla:

Tabla 3 Consumo Energético del GAD

Equipo	Cantidad	V*A=		w c/u	Potencia		Total de horas diarias	Total consumo diario	Total consumo semanal	Total de consumo mensual
		V	A		Watt	Kw/h				
					t		H	Kw/ Dia	Kw/ Semana	Kw/Mes
Aire										
Acondicionado 12000 btu	2	220	6,4	1408	2816	2,816	6	16,896	84,48	337,92
Impresora Hp	1	120	9,5	1140	1140	1,14	3	3,42	17,1	68,4
Focos Led	6	120	0,2	24	144	0,144	8	1,152	5,76	23,04
Laptos	3	120	1,5	180	540	0,54	6	3,24	16,2	64,8
Computador 1	1	120	2,1	252	252	0,252	8	2,016	10,08	40,32
Total								26,724	133,62	534,48

Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Torres Chalén Nicol.

3.6 Total de Consumo

Tomando en cuenta que tanto el GAD como el Infocentro se encuentran conectados a un mismo medidor de consumo, el valor total de gasto mensual se lo calcula sumando los kw/mes de los cuales hacen uso y mediante la calculadora de CNEL obtendremos un valor aproximado que sería el valor a pagar del Gad mensualmente, este resultado servirá para tener una proyección mucho más clara del ahorro al implementar paneles solares.

Cabe recalcar que el cálculo del consumo en dólares depende de los kW utilizados en el mes es decir que para un total de 1118 kw/mes se calcularían de la siguiente manera.

Tabla 4 Cálculo del consumo

TU CONSUMO	KILOVATIOS (KWH) x	VALOR (\$)
1118 KW	COSTO	
0 – 50	50 x 0.0910	4.55
51 – 100	50 x 0.0930	4.65
101 – 150	50 x 0.0950	4.75
151 – 200	50 x 0.0970	4.85
201 – 250	50 x 0.0990	4.95
251 – 300	50 x 0.1010	5.05
301 – 350	50 x 0.1030	5.15
351 – 400	50 x 0.1050	5.25
401 – 450	50 x 0.1050	5.25
451 – 500	50 x 0.1050	5.25
501 – 700	200 x 0.1050	21.00
701 – 1000	300 x 0.1450	43.50
1001 – 1500	118 x 0.1709	20.17
Rubro Energía		132.52

Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Torres Chalén Nicol.

Tabla 5 Total de consumo por área

	CONSUMO	VALOR A
	MENSUAL KW	CANCELAR \$\$
CONSUMO DEL GAD	535	\$ 51,53
CONSUMO INFOCENTRO	583	\$ 63,85
TOTAL	1118	\$ 132,52

Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Torres Chalén Nicol.

3.7 Modelo de Panel propuesto.

El modelo de panel propuesto es FS250W

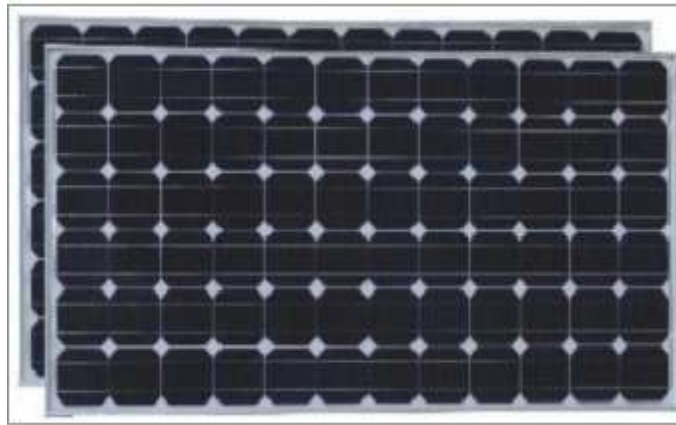


Figura 422 Panel propuesto. Información tomada de Tanfon off grid. Elaborado por Tanfon off grid.

Tabla 6 Especificación técnica del panel

Potencia	250 W
Voltaje	34.4 V
Amperaje	7.27 A
Tamaño	1.6m*0.90m
Área total del panel	1.44m ²
Tipo de panel	Silicio policristalino (mayor eficiencia de rendimiento)
Utilidad	25 años

Información adaptada de la investigación directa. Elaborado por el autor.

El panel elegido es el FS250W que cuenta con dimensiones optimas que se pueden acoplar al área que se destinará para la aplicación del estudio, también otorga una mayor confianza al momento de su utilización por sus 250 w de potencia que es un requerimiento técnico necesario para poder cumplir con el objetivo principal del proyecto.

3.8.1 Producción anual de energía.

Cabe recalcar que para continuar con el dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos se necesitó la información de la radiación mensual esta información se recopiló del estudio de mapas solares 2019 tomando como muestra la ciudad de guayaquil que es el lugar más próximo donde se llevará a cabo la investigación para efectos de la investigación se tomó una inclinación de 10 grados.

La potencia suministrada de los paneles será de 600.000 wh/mes utilizables, sin contar lo que producen los fines de semana esto se donaría al servicio de red pública y en los meses que se genere más energía esta se utilizará en la iluminación del perímetro del GAD.

3.8.2 Número de paneles a utilizar

1. Consumos totales por día y por mes:

$$E_{total\ dia} = 29148\ wh/día$$

$$E_{total\ dia} = (29.148\ kWh/día) (20\ dia/mes) = 582.96\ kWh/mes$$

2. Para calcular la potencia que debe ser suministrada por los paneles, se consideran **4 horas-pico/día**, que es el promedio donde los paneles aprovechan más la irradiación solar:

$$P_{FV} = \frac{E_{Real/día}}{\text{Horas-pico/día}} = \frac{29148\ Wh/día}{4\ \text{Horas-pico/día}} = 7287\ W$$

3. Si el panel elegido es de 250 w de potencia nominal, el número de paneles viene dado como:

$$N^{\circ}\ \text{de Paneles} = \frac{P_{FV}\ (\text{en W})}{P_{mpp}\ \text{del Módulo (en W)}} = \frac{7287\ W}{250\ W} = 29.148\ \text{Paneles}$$

- 2) Para tener un correcto dimensionamiento el resultado obtenido se eleva al inmediato superior, es decir: **N° de Paneles ≈ 30.**

3.8.3 Cálculo de potencia por paneles.

El Ecuador en general cuenta con valores de Irradiación de luz solar óptimos para ser aprovechados durante periodos largos de tiempo, esto se da a su ubicación en el globo terráqueo,

En la Provincia del Guayas ciudad de Guayaquil las mejores horas para aprovechar la energía solar son: de 10 a.m. hasta aproximadamente las 14 pm estas horas son un promedio que se da de no existir interferencia como días nublados, así como también existen días en que este rango de horas se extiende, considerando que la información recopilada es de conocimiento público, se toma como base fundamental la irradiación solar global de 5100 Wh/m².

Al tratarse de un lugar que presta servicios va a tener un uso aproximado de 5 días por semana durante 7 horas, en este tiempo se tiene la mayor cantidad de consumo diario por las visitas de los estudiantes al Infocentro.

Los paneles solares también se eligieron en base al área proporcionada por el GAD parroquial, es decir el área útil en donde se podrán instalar los paneles solares y el total de paneles a instalar es de 30 los cuales cubrirían el 100% de la demanda del Infocentro distribuidos de la siguiente manera 15 paneles sobre el Infocentro y 15 paneles sobre la oficina principal del GAD, las características de los paneles en cuanto a potencia de energía solar se describen a continuación en la tabla 7 donde se muestra un valor aproximado en watts de los que nos proporcionarían los paneles solares, cabe recalcar que para este valor se toma en cuenta las 4 horas en las que se aprovecha más la irradiación solar pero los paneles generan energía desde la salida del sol hasta su puesta.

Tabla 7 Cálculo de potencia por paneles

Característica	Potencia	Cantidad de paneles	Watts (W)	Kilowatt (kW)
1 panel	250 W/h	30	7500	7.5
Por día			30.000	30
Por mes			600.000	600

Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Torres Chalén Nicol.

El modelo del panel propuesto (FS250W) tiene una potencia de 250 W/como se muestra en la tabla 7 lo que significa que los 30 paneles serian 7500 w, equivalentes a 7.5 Kilowatt.

Estos paneles van a estar funcionando todo el día ya que el Infocentro se lo utiliza de lunes a viernes y por mes llegarían a alcanzar un promedio de 600 KW teniendo en cuenta que no se les dará uso los fines de semana es decir se utilizarían 20 días por mes con una autonomía de 1 día.

3.9 Inversor.

El inversor empleado será un modelo Huawei SUN2000-33KTL-A Trifásico 33kVA, pues las características técnicas de este se acoplan al uso que se le dará no poniéndolo al límite de las especificaciones técnicas sino más bien escogiendo el inmediato superior para tener holguras en el consumo.



Figura 433 Inversor propuesto. Información tomada de Tiensol. Elaborado por Tiensol.

La especificación técnica del inversor es idónea para el consumo al que se lo va a someter, este equipo es indispensable para transformar la corriente almacenada en el banco de baterías a corriente alterna para que esta pueda ser utilizada en el Infocentro.

3.10 Batería.

Para calcular el número de baterías se hace uso del consumo de datos que ya obtuvimos en el levantamiento de información.

La batería es un equipo fundamental para el funcionamiento correcto de los paneles solares, estas acumulan la energía para luego ser ocupada por el Infocentro. Las características de la batería seleccionada es la siguiente:

Tabla 8 Especificaciones técnicas de la batería

Voltaje	12v
Amperaje	200 A
Potencia	2400 W
Capacidad	12v/200 AH
Tipo	Batería de ciclo profundo
Vida útil	8-10 años
Tamaño	5.22m*2.40m*2.19m

Información adaptada de la investigación directa. Elaborado por el autor.



Figura 44. Batería propuesta. Información tomada de Renova energía

3.10.1 Cálculo del número de Baterías

Por las características que ofrece y el precio las baterías a utilizar son de 12v 200ah con las que se va a abastecer el Infocentro, el proceso del cálculo es el siguiente:

$$\text{Potencia Nominal} = (200 \text{ A} \times h)(12\text{V}) = 2400 \text{ W} \times h$$

De una batería el 70% es aprovechable, esto con el fin de prolongar los ciclos de carga y descarga, según los cálculos obtenidos en los puntos anteriores el consumo día es de: **29148 Wh/día.**

Mediante una regla de tres en base a la eficiencia de la batería, se tiene:

$$29148 \text{ Wh} \rightarrow 70 \%$$

$$x \rightarrow 100\%$$

$$x = 41640 \text{ Wh}$$

Calculando el número de baterías, se tiene:

$$\text{N}^\circ \text{ de Baterías} = \frac{\text{Potencia Real} \times \text{Días de Autonomía}}{\text{Potencia Baterías}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Baterías} = \frac{41640 \text{ Wh} * 1}{2400}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Baterías} = 17.35 \approx 18$$

El número de baterías es de 18, cada batería almacena 2400 w es decir que el consumo es de 43200wh o 43.2 kwh

3.11 Costo-Beneficio

Para ejecutar un análisis costo/beneficio de la factibilidad de utilizar paneles solares fotovoltaicos en el Infocentro, se debe poner a consideración ciertas generalidades, como el costo de los equipos para la correspondiente instalación del sistema de energía renovable y, con el objetivo de tener conocimiento de los beneficios determinados por la implementación futura de este sistema en el Infocentro.

Tabla 9 Presupuesto para instalación de panel solar

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Panel FS250W	30	\$180	\$5400,00
Inversor modelo	1	\$1200	\$1200,00
Baterías	18	\$215,00	\$3870,00

Otros gastos	1	\$500,00	\$500,00
Total			\$10970,00

Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Torres Chalén Nicol.

La tabla 9 corresponde al costo total aproximado para la implementación de los paneles solares foto voltaicos en el Infocentro que es de 10970. Es importante mencionar que los pobladores del sector no deben cancelar el costo de los equipos caso contrario la aceptación del mismo será baja.

El análisis costo beneficio se lo evaluará mediante los criterios expuestos en la siguiente tabla:

Tabla 10 Criterios de selección del costo beneficio

Alternativa	Detalle
B/C>1	El beneficio de aplicar la propuesta supera los gastos en dólares de consumo de energía eléctrica
B/C=1	Aplicar la propuesta no genera pérdidas o ganancias
B/C<1	El beneficio de aplicar la propuesta no cubre los gastos del consumo de energía.

Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Torres Chalén Nicol.

A continuación, mediante la siguiente fórmula se evaluará el costo beneficio de la propuesta, el tiempo de vida útil del proyecto es de 25 años y pagando una planilla de 766.2 anual da un total de \$19155.

$$\text{Costo beneficio} = \frac{\text{ahorro en 25 años de vida util del proyecto}}{\text{inversion total del proyecto}}$$

$$\text{Costo beneficio} = \frac{\$ 19155}{\$10970}$$

$$\text{Costo beneficio} = 1.74$$

Nos da un costo beneficio de 1.74 y según la tabla de criterios este valor es aceptable es decir que por cada \$1 dólar invertido se recuperara un valor de \$0.74 dólares.

3.11 Evaluación Económica

En base al diseño planteado en este capítulo los paneles solares cubrirían el 100% de la demanda instalada en el Infocentro del GAD parroquial El Morro, en condiciones óptimas estos paneles tienen una autonomía de 1 día considerando que el uso es frecuentemente en las mañanas, otro punto a considerar es la vida útil del proyecto general mente los proyectos de implementación de paneles fotovoltaicos tienen una vida útil de 25 años esto varia, pues pueden ser de 30 a 33 si se les da un correcto mantenimiento preventivo al sistema de paneles fotovoltaicos.

Tabla 11 Generalidades del sistema

	PANELES SOLARES	ENERGÍA SUMINISTRADA POR CNEL
COSTO DE		
IMPLEMENTACION	\$10970	0
WATTS DE CONSUMO /		
MES	582960 W	582960 W
VALOR DEL CONSUMO		
MENSUAL	\$ -63,85	\$63,85

Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

En este cálculo solo se toma en cuenta el consumo del Infocentro pues el objetivo principal es no permitir que estos cierren.

3.11 Tiempo de recuperación de la inversión

Teniendo en cuenta que el proyecto se lo tomará con una vida útil de 25 años calcularemos en que tiempo se recuperará la inversión sabiendo que esta no sería reembolsable pues el presidente del GAD manifestó en la entrevista que estos fondos se piden a la municipalidad y también en coordinación con empresas privadas las cuales ayudan a estas gestiones como parte de la responsabilidad social.

Tabla 12 Tiempo de recuperación de la inversión

Año	Reducción anual de la inversión (\$)	Ahorro energía eléctrica anual
		(\$)
0	10970	
1	10203,8	766,2
2	9437,6	766,2
3	8671,4	766,2
4	7905,2	766,2
5	7139	766,2
6	6372,8	766,2
7	5606,6	766,2
8	4840,4	766,2
9	4074,2	766,2
10	3308	766,2
11	2541,8	766,2
12	1775,6	766,2
13	1009,4	766,2
14	243,2	766,2
15	-523	766,2
16	0	766,2
17	0	766,2
18	0	766,2
19	0	766,2
20	0	766,2
21	0	766,2
22	0	766,2
23	0	766,2
24	0	766,2

25

0

766,2

Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

En la tabla 12 se observa el tiempo en que se recuperará la inversión del proyecto que es a los 15 años, en donde estaría pagado en su totalidad, el proyecto tiene una vida útil del 25 años y esto dejaría 10 años de ganancia lo que sería un total de \$ 8185.

Considerando que el valor del proyecto se podría financiar en base a donaciones y gestiones del Gad El Morro, que no son reembolsables se tendría un ahorro de \$19155 en los 25 años este valor se lo vería reflejado en el servicio que se le da a la comunidad pues se evitaría el cierre del Infocentro.

3.12 Comparación del Beneficio

En la siguiente tabla se describe el consumo del GAD en dólares, es decir el GAD comprende las oficinas y el Infocentro, si el Infocentro puede ser alimentado en un 100% por energía solar esto dará un ahorro total de 48.18% o \$63.85 del valor total de la planilla, que es de \$132.52 es decir implementando el proyecto se pagaría por consumo de energía convencional un valor aproximado de \$68.67.

Tabla 13 Comparación de beneficio con Paneles Solares

Mes	Total a pagar de todo el GAD sin paneles solares	Total ahorrado con paneles solares en el Infocentro del GAD	Total, a pagar con paneles solares
1	\$132,52	\$63,85	\$68,67
2	\$132,52	\$63,85	\$68,67
3	\$132,52	\$63,85	\$68,67
4	\$132,52	\$63,85	\$68,67
5	\$132,52	\$63,85	\$68,67
6	\$132,52	\$63,85	\$68,67
7	\$132,52	\$63,85	\$68,67
8	\$132,52	\$63,85	\$68,67
9	\$132,52	\$63,85	\$68,67

10	\$132,52	\$63,85	\$68,67
11	\$132,52	\$63,85	\$68,67
12	\$132,52	\$63,85	\$68,67
Total por Año	\$1590,24	\$766,2	\$824,04

Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Torres Chalén Nicol.

3.13 Conclusiones

Debido a la situación geográfica del Ecuador lo hace viable para implementar este tipo de proyectos de energía solar, considerando candidato idóneo a la Parroquia el Morro por ser una zona rural en donde no hay edificaciones altas alrededor del Infocentro, se aprovechará más este tipo de energías, con el análisis realizado se da concluido que el proyecto sería factible implementarlo en el sector.

Según los datos que se obtuvieron del análisis costo beneficio el mismo que mencionó que por cada dólar invertido se recuperará 0.74 ctvs de dólar, teniendo en consideración la entrevista realizada al presidente del GAD el mismo que mencionó que este tipo de proyectos en caso de darse se debería solicitar financiamiento a empresas privadas que tengan programa de responsabilidad social y ayuda, de esta manera este proyecto beneficiaría a los ciudadanos de la Parroquia.

Además, este proyecto tendría un impacto positivo a la comunidad pues permitiría el ahorro de recursos los cuales podrán ser implementados en otras necesidades del Infocentro, partiendo de que el uso de energía verde ayuda al ahorro de recursos, con la proyección realizada se concluye que se necesita un total de 30 paneles solares y 18 baterías las cuales cubrirían el 100% del consumo del Infocentro.

En caso de que existan excedentes energéticos se los puede inyectar en el sistema eléctrico de CNEL y así contribuir a la matriz energética del país

Por último, el desarrollo de esta investigación ha contribuido en un mayor entendimiento de las problemáticas energéticas que afectan a los sectores rurales del país y a tener conocimientos de posibles soluciones que permitan aliviar esta problemática.

3.14 Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos de la entrevista, se denota el desconocimiento de los moradores sobre el uso de energías verdes en especial de la energía fotovoltaica, por lo que se recomienda charlas a la comunidad para crear consciencia y así aceptación de la posible implementación de este proyecto.

Por las proyecciones obtenidas sobre el ahorro sustancial se podría replicar este proyecto en otros GAD de las provincias, para que de esta manera accedan a los beneficios que se proyecta obtener.

Se sugiere capacitar de forma adecuada a los miembros del Infocentro para que puedan tener un manejo adecuado del sistema de generación fotovoltaica, así como para que tengan conocimiento de la necesidad del mantenimiento preventivo de los paneles para así alargar su vida útil.

ANEXOS

Anexo 1 Modelo de encuesta a la comunidad sobre el uso de los Infocentro



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Dirigido a: Los habitantes de la parroquia el Morro

¿Qué tan importante es para usted contar con el Infocentro?

	1	2	3	4	5	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Poco importante						muy importante

¿Tiene niños que actualmente estén estudiando en su hogar?

- SI
- NO

¿Cuál es el rango de edad de los niños?

- 0-5 años
- 5-10 años
- 10-15 años

¿De los miembros de su familia cuantas personas dan uso al Infocentro?

- 1-2 personas
- 2-3 personas
- 3-4 personas

¿Cuántos días a la semana visitan el Infocentro?

- 1 vez a la semana
- 2 veces por semana
- 3 veces por semana
- Todos los días

¿Cuál es el rango de tiempo que le dan uso al Infocentro?

- 0-2 HRS
- 2-4 HRS
- 4-6 HRS

¿De las siguientes alternativas señale cuales serían las actividades por las que sus familiares visitan el Infocentro?

- Trabajo
- Estudio
- Consultas
- Impresiones
- Entretenimiento

¿Conoce usted acerca del uso de paneles solares?

- Si
- No

¿Tiene usted conocimiento de que, con el uso de la energía solar, puede disminuir el pago de la planilla eléctrica?

- Si
- No

En una escala del 1 al 5 siendo el 5 la calificación más alta y el 1 la más baja ¿usted cree que al implementar paneles solares ayudaría a él Infocentro del sector?

	1	2	3	4	5	
BAJA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ALTA

Anexo 2 Guía de entrevista dirigida al personal del Infocentro



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Dirigido a: Los colaboradores del Infocentro de la Parroquia el Morro

1. ¿Cómo es el uso del Infocentro?

El mayor uso que le dan los niños o personas que vienen a visitarlo es para realizar tareas e impresiones.

2. ¿Cuál es la cantidad de personas que visitan el Infocentro?

En el Infocentro contamos con 8 computadoras, le podría decir que todo el día en su mayoría pasan ocupadas, está en un promedio de 23 a 28 niños que visitan este lugar.

3. ¿Cuántas horas permanece abierto el Infocentro?

8 horas desde las 8am a 17pm

4. ¿Cuántos niños visitan el Infocentro?

En un promedio de 23 a 28 niños

5. ¿Cuántas horas se demora cada niño dando uso al Infocentro?

En un rango de 1:30 a 2:00 si son investigaciones en caso de ser solo impresiones o copias de 10 a 15 minutos.

6. ¿Cuántas horas al día funciona el proyector?

Aproximadamente 2hrs

7. ¿Con que frecuencia se realizan impresiones?

Todos los días nos visitan para realizar impresiones, le podría decir que se la usa en un aproximado de 3horas diarias

8. ¿Cuál es el número de computadoras que permanecen encendidas diariamente?

8 computadoras

9. ¿Cuál es el horario en donde se utilizan mayor número de computadoras?

De 11 a 14 son las horas en donde las computadoras pasan más desocupadas asumo que por horario de almuerzo, de ahí desde las 8:30- 11 y de 14:00-17:00 es el horario en donde más se ocupan.

10, ¿Conoce sobre el uso de paneles solares?

He escuchado un poco sobre este uso

11, ¿Qué le parece el cambio de la energía eléctrica a una energía verde?

Pues por lo que se, es una buena alternativa ya que se puede generar electricidad a través del recurso del sol.

Anexo 3

Guía de entrevista dirigida al presidente del Gad parroquial



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Dirigido a: Al presidente del Gad Parroquial

¿Cómo se obtienen los recursos para el Infocentro?

Los recursos para el Infocentro son proporcionados por el gobierno nacional que mediante el ministerio de economía y finanzas dan presupuesto para que se mantenga la continuidad del proyecto, mismo que ha querido cerrarse por falta de presupuesto.

¿Cuál es el gasto energético del Infocentro?

Desconozco el gasto energético del Infocentro lo que si le puedo comentar es que todo está en un solo circuito y todo el consumo lo marca un solo medidor de energía, siendo el consumo total tanto del GAD Parroquial como el Infocentro de \$140 a \$160 mensual.

¿Cuál es el valor monetario que el GAD invierte en el Infocentro?

Nosotros como GAD parroquial no invertimos en el Infocentro, nos encargamos de las gestiones para solicitar cualquier bien extra que necesitemos.

¿Conoce sobre el uso de paneles solares?

si

- **¿Qué pros y contras tiene implementar para usted energía solar?**

Un sistema de paneles para aprovechar la energía solar sería muy factible, si empresas privadas nos donaran el equipo necesario para el proyecto, ya que como le comenté se está evaluando el presupuesto para poder mantener operativos los Infocentros y la única limitación que tenemos para realizar esta implementación es el espacio, no sabría donde se podrían colocar los paneles solares.

- **¿Qué percepción tiene acerca del uso de energía ecológica mediante el uso de paneles solares?**

Desde mi punto de vista creo que es la mejor pues contamos con sol todos los días y es un recurso inagotable prácticamente.

- **¿Cuánto tiempo estima que tomaría el diseño e implementación de paneles solares?**

Desconozco el tiempo en que se pueda realizar este sistema, pero entre menos tiempo mejor.

¿Si usted tiene un gasto del 100% en consumo energético mensual y con la implementación de paneles solares este gasto disminuiría un 30% o más?

- **¿Qué opinaría usted de este ahorro en su planilla eléctrica?**

Ganar un 30% ya es bastante ya que estos recursos se podrían utilizar en otras actividades para nuestros jóvenes o incluso se podría invertir en el mismo Infocentro.

- **¿Bajo su criterio, por favor coméntenos cuáles son los principales problemas a los que se enfrenta la implementación de paneles solares?**

Como le mencione uno de los principales problemas seria tanto los recursos para implementarlo como también el espacio para poder colocar los paneles solares, y otro problema desde mi punto de vista seria encontrar quien pueda darle mantenimiento a este sistema

- **¿Quiénes cree usted que puede financiar la implementación del proyecto?**

Empresas privadas

- **¿Qué opinaría usted si el costo de esta implementación seria de (\$10970), teniendo en cuenta que esta inversión se recuperaría en un total de 15 años, y el tiempo de vida útil del proyecto es de 25 años es decir tendría 10 años de ganancia?**

Si los equipos son donados la ganancia empezaría desde el primer año, pero viendo el tiempo de vida útil del proyecto si seria factible ya que nos convertiríamos en un modelo a seguir por parte de los distintos GAD parroquiales para que repliquen la idea y utilizar más la energía que nos sumista el sol.

Anexo 4

Valor monetario calculado del consumo energético

Simulador de Facturación del Consumo de Energía Eléctrica

Resumen General

Unidad de Negocio:	Comercial	Cartera:	TODOS
Mes de Simulación:	Enero	Tipo Residencial:	Normal
¿Ex-Pact?	No		
Tipo de Consumo:	Por Consumo		
Energía medida kWh:	110		
Energía a Facturar:	110		

VALORES A PAGAR POR SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

RUBRO	VALOR (en Tercio Reportado)
Energía	\$ 30.52
Comercialización	\$ 1.21
Subsidio voltaje (+)	\$ 0.50
Total Servicio Eléctrico (SE)	\$ 32.23
Total Alumbrado Público (SAPD)	\$ 0.01
Total Servicio Eléctrico y Alumbrado público (SE+SAPD)	\$ 32.24

INICIAR NUEVA SIMULACIÓN

Resumen General

Unidad de Negocio:	Comercial	Cartera:	TODOS
Mes de Simulación:	Enero	Tipo Residencial:	Normal
¿Ex-Pact?	No		
Tipo de Consumo:	Por Consumo		
Energía medida kWh:	90		
Energía a Facturar:	90		

VALORES A PAGAR POR SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

RUBRO	VALOR (en Tercio Reportado)
Energía	\$ 26.57
Comercialización	\$ 1.24
Subsidio voltaje (+)	\$ 0.49
Total Servicio Eléctrico (SE)	\$ 28.30
Total Alumbrado Público (SAPD)	\$ 0.79
Total Servicio Eléctrico y Alumbrado público (SE+SAPD)	\$ 29.09

INICIAR NUEVA SIMULACIÓN

Simulador de Facturación del Consumo de Energía Eléctrica

Resumen General

Unidad de Negocio:	Comercial	Cartera:	TODOS
Mes de Simulación:	Enero	Tipo Residencial:	Normal
¿Ex-Pact?	No		
Tipo de Consumo:	Por Consumo		
Energía medida kWh:	90		
Energía a Facturar:	90		

VALORES A PAGAR POR SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

RUBRO	VALOR (en Tercio Reportado)
Energía	\$ 21.53
Comercialización	\$ 1.24
Subsidio voltaje (+)	\$ 2.79
Total Servicio Eléctrico (SE)	\$ 25.56
Total Alumbrado Público (SAPD)	\$ 0.48
Total Servicio Eléctrico y Alumbrado público (SE+SAPD)	\$ 26.04

INICIAR NUEVA SIMULACIÓN

Anexo 5

Imagen de visita al GAD parroquial El Morro



Anexo 4

Materiales Utilizados para Obtener Información acerca de equipos manejados en el Infocentro





Anexo 7

Carta de autorización, firmada por el presidente del GAD Parroquial

Guayaquil, 17 de Febrero de 2022

Sr (a).
Ing. Annabelle Lizaraburu Mora, MG.
 Director (a) de Carrera Ingeniería en Telemática / Telemática
 Facultad de Ingeniería Industrial
 Presente.-

De mi consideración:

El suscrito, ING. CONSUEGRA GRANADOS WILLIAM Presidente del GAD Parroquial El Morro **AUTORIZO** a la señorita TORRES CHALEN NICOL DAYANA estudiante de la Carrera de Ingeniería en Telemática a utilizar la información del GAD que represento, que fue solicitada para la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: "ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR EL INFOCENTRO UBICADO EN EL GAD DE LA PARROQUIA EL MORRO" y, a la publicación en el sitio web de la Universidad de Guayaquil.

Atentamente:

Ing. Consuegra Granados William
 Presidente
 GAD Parroquial El Morro

**GAD PARROQUIAL RURAL
 EL MORRO**

*Dirección: Parroquia El Morro
 Correo electrónico: jpeimorro@hotmail.com*

Bibliografía

- Ayala et al. (18 de 02 de 2021). Análisis de la energía eólica como sustituto para la energía convencional en casas del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. 7. Obtenido de <http://athenea.autanabooks.com/index.php/revista/article/view/15/44>
- CASTRO, J. C. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén. PERU. Obtenido de http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/49/1/RUFASTO_CJ.pdf
- Comercio, E. (2022). Su producción de banano orgánico usa energía solar. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-banano-organico-energia-solar.html>
- ECUADOR, G. D. (2019). Ley orgánica de eficiencia Registro oficial, 449.
- EL COMERCIO. (2020). INFOCENTROS SE MANTIENEN OPERATIVOS. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/guaifai/infocentros-mantienen-operativos-clases-computacion.html>
- Factorenergia. (2021). La energía hidráulica. Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-renovable-hidraulica/>
- Fermín Koop, L. P. (2019). China construye la planta solar más grande de América Latina. Argentina. Obtenido de <https://dialogochino.net/es/clima-y-energia-es/23529-china-construye-la-planta-solar-mas-grande-de-america-latina/>
- García, L. (2020). . Estudio de prefactibilidad para la aplicación de un sistema fotovoltaica para el edificio administrativo de la Central Termoeléctrica El Descanso, de acuerdo con la Regulación Nro (Vol. 18). ARCONEL-003.
- Jarauta Rovira, L. (2015). Las energías renovables. UOC. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/uguayaquil/57883>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2020). Gobierno Nacional inicia proceso público de selección para el desarrollo del Proyecto Fotovoltaico Conolophus. Quito. Obtenido de <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/gobierno-nacional-inicia-proceso-publico-de-seleccion-para-el-desarrollo-del-proyecto-fotovoltaico-conolophus/>

MOISÉS, S. H. (2021). DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO-CONEXIÓN A RED CON ALMACENAMIENTO ORIENTADO AL AHORRO DE ENERGÍA EN LAS VIVIENDAS DE LA COOP SAN NICOLÁS PARROQUIA PASCUALES”.

Noguera, B. (2020). ¿Qué es un biodigestor? IQR Ingenieria Quimica. Obtenido de <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/05/que-es-un-biodigestor.html>

OSCAR, P. A. (2019). Análisis del estado actual de la implementación de energías renovables en el Ecuador. Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/13391/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-235.pdf>

Paredes Vivas, L. M. (2019). Propuesta de un sistema de control de calidad en una empacadora de camarón para incrementar la productividad en el área de pelado. Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.

PlanV. (2020). Hidroeléctricas en Ecuador: ¿a espaldas del cambio climático? Obtenido de <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/hidroelectricas-ecuador-espaldas-del-cambio-climatico>

PRIMICIAS. (2020). “Más de 4 millones de personas serán afectadas por cierre de infocentros”. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/tecnologia/millones-personas-seran-afectadas-cierre-infocentros/>

RASTRO. (2020). Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito. EMRAQ-EP. Quito. Obtenido de <http://www.epmrq.gob.ec/index.php/biodigestor>

Robberechts, E. (2020). Cuatro países que lideran en energía solar en América Latina y el Caribe. Washington DC: Inter-American Investment Corporation. Obtenido de <https://www.idbinvest.org/es/blog/energia/cuatro-paises-que-lideran-en-energia-solar-en-america-latina-y-el-caribe>

RUBIO, J. P. (2015). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA EL TRATAMIENTO DE EXCRETAS DE GANADO BOVINO. QUITO. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6441/3/T-UCE-0004-18.pdf>

- SAMPIERI, R. H. (2014). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN (SEXTA EDICIÓN ed.). MEXICO: MCGRAW-HILL. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- SERRANO, C. P. (2017). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN EL RECINTO SABANILLA - CANTÓN DAULE. GUAYAQUIL. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17917/1/TESIS%20PROPUESTA%20DE%20IMPLEMENTACION%20DE%20PANELES%20FOTOVOLTAICOS%20RECINTO%20SABANILLA%20final.pdf>
- SUPPLY, S. (2021). Diferentes tipos de sistemas solares fotovoltaicos. Obtenido de <https://www.sunsupplyco.com/diferentes-tipos-de-sistemas-solares-fotovoltaicos/>
- TORRES, M. (2021). Universitarios desarrollan un sistema híbrido de energía eléctrica renovable. GUAYAQUIL: DIARIO EXPRESO. Obtenido de <https://www.expreso.ec/guayaquil/universitarios-desarrollan-sistema-hibrido-energia-electrica-renovable-110063.html>
- UPDELAE, S. (s.f.). LA ENERGIA SOLAR. Obtenido de [https://fjarabo.webs.ull.es/VirtualDoc/Curso%202013-2014/Energ%C3%ADas%20renovables%20\(Tecnolog%C3%ADas%20Energ%C3%A9ticas\)/2_Solar/Solar_Resumen.pdf](https://fjarabo.webs.ull.es/VirtualDoc/Curso%202013-2014/Energ%C3%ADas%20renovables%20(Tecnolog%C3%ADas%20Energ%C3%A9ticas)/2_Solar/Solar_Resumen.pdf)
- VILORIA., A. (23 de 06 de 2021). Energías Renovables en el Ecuador. Obtenido de <https://aeeree.org/un-paso-mas-para-las-energias-renovables-en-el-ecuador/>