



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

AUTORES: CAPT. DIEGO MARCELO AVILA MOYANO

LUIS MIGUEL BELTRAN ACURIO

TEMA: EVALUACION DEL POTENCIAL ENERGETICO SOLAR BIOMASICO Y ANALISIS DE REQUERIMIENTO DE ENERGIA PRIMARIA Y SECUNDARIA, (BALANCE ENERGETICO), EN LOS POBLADOS DE EL CORAZON, EL CARMEN Y EL BARRIO, PERTENECIENTES A LA PROVINCIA DE PICHINCHA

DIRECTOR: ING. FRANCISCO TERNEUS

CODIRECTOR: ING. ROBERTO GUTIERREZ

SANGOLQUÍ, Julio 2013

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Ing. Francisco Terneus

Ing. Roberto Gutiérrez

Certifican:

El proyecto “EVALUACION DEL POTENCIAL ENERGETICO SOLAR BIOMASICO Y ANALISIS DE REQUERIMIENTO DE ENERGIA PRIMARIA Y SECUNDARIA, (BALANCE ENERGETICO), EN LOS POBLADOS DE EL CORAZON, EL CARMEN Y EL BARRIO, PERTENECIENTES A LA PROVINCIA DE PICHINCHA” que fue realizado en su totalidad por Capt. Diego Marcelo Ávila Moyano y Sr. Luis Miguel Beltrán Acurio, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con las normas estatutarias establecidas por el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Ing. Francisco Terneus

DIRECTOR

Ing. Roberto Gutiérrez

CODIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Capt. Diego Marcelo Ávila Moyano

Luis Miguel Beltrán Acurio

Declaramos que:

El proyecto de grado “EVALUACION DEL POTENCIAL ENERGETICO SOLAR BIOMASICO Y ANALISIS DE REQUERIMIENTO DE ENERGIA PRIMARIA Y SECUNDARIA, (BALANCE ENERGETICO), EN LOS POBLADOS DE EL CORAZON, EL CARMEN Y EL BARRIO, PERTENECIENTES A LA PROVINCIA DE PICHINCHA”, ha sido desarrollado con base a una investigación y sobre todo a un trabajo exhaustivo en el que se han respetado los derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la biografía. Consecuentemente este trabajo es de autoría propia.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos por el contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Capt. Diego Marcelo Ávila

Luis Miguel Beltrán

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros: Capt. Diego Marcelo Ávila Moyano

Luis Miguel Beltrán Acurio

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del proyecto de grado “EVALUACION DEL POTENCIAL ENERGETICO SOLAR BIOMASICO Y ANALISIS DE REQUERIMIENTO DE ENERGIA PRIMARIA Y SECUNDARIA, (BALANCE ENERGETICO), EN LOS POBLADOS DE EL CORAZON, EL CARMEN Y EL BARRIO, PERTENECIENTES A LA PROVINCIA DE PICHINCHA”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Capt. Diego Marcelo Ávila

Luis Miguel Beltrán

DEDICATORIA

A mis padres Rodrigo y Angélica, que supieron darme animo a pesar de la distancia y siempre me hicieron sentir su gran amor hacia mí, a mi hermano Marcelo y mi cuñada Aurora que con sus consejos guio mi camino en los momentos más difíciles, a mis sobrinos Marcelo, Mateo y Mauro, que con su cariño me ayudaron a seguir adelante, a mis amigos de la ESPE que me hicieron sentir en familia, y me brindaron su amistad incondicionalmente.

LUIS MIGUEL BELTRAN ACURIO

A Gabriela, que me apoya en todo momento de la vida, a mis hijos Marcelo y Camila, luz de mis ojos y motivo por el cual sigo adelante buscando superarme cada día más.

CAPT. DIEGO MARCELO AVILA MOYANO

AGRADECIMIENTO

A Dios, gracias por permitirnos llegar a este momento tan especial en nuestras vidas. Por los triunfos y los momentos difíciles que nos han enseñado a valorarlo cada día más, A nuestros padres por ser las personas que nos han acompañado durante todo el trayecto estudiantil y de vida.

A todos los profesores de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Escuela Politécnica del Ejército, por haber compartido sus conocimientos que servirán para el desempeño de nuestra futura vida profesional.

Un agradecimiento especial al Ing. Ernesto Soria, por haber sido un gran amigo y profesor, que junto con su recuerdo dejó grandes enseñanzas a todos los que pudimos compartir a su lado.

De manera especial a nuestro Director y Codirector de Tesis, Ing. Francisco Terneus e Ing. Roberto Gutiérrez, por habernos guiado en este proyecto.

INDICE

I CAPÍTULO

1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	1
1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3	OBJETIVOS	4
1.3.1	GENERAL	4
1.3.2	ESPECÍFICOS	4
1.4	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO	5
1.5	ALCANCE.....	7

II CAPÍTULO

2	MARCO TEÓRICO	9
2.1	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA.....	9
2.1.1	HELIÓGRAFOS.....	9
2.1.2	PIRHELIÓMETROS.....	12
2.1.3	PIRANOMETROS.....	13
2.1.4	ALBEDOMETRO.	15
2.1.5	PIRRADIOMETRO DIFERENCIAL O BILANMETRO.	17
2.3	MAPA SOLAR	23
2.3.1	DESCRIPCIÓN.....	23
2.3.2	DATOS TÉCNICOS.....	25
2.4	CURVA DE OFERTA – DEMANDA ENERGÉTICA.	27
2.4.1	DESCRIPCIÓN.....	27
2.4.2	DATOS TÉCNICOS.....	29
2.5	IRRADIACIÓN SOLAR EN EL ECUADOR.	31

2.5.1	ATENUACIÓN	31
2.5.2	CARACTERÍSTICAS	33
2.6	RADIACIÓN SOLAR SOBRE SUPERFICIES INCLINADAS.....	39
2.6.1	COMPONENTE DIRECTA	41
2.6.2	COMPONENTE DIFUSA.....	42
2.6.3	COMPONENTE DE ALBEDO.....	44
2.6.4	COMPONENTE TOTAL.....	46
2.6.5	RADIACIÓN TOTAL SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL...	47
2.7	BIOMASA	48
2.7.1	TIPOS DE BIOMASA UTILIZADOS EN LA ZONA SIERRA.....	49
2.7.2	UTILIZACIÓN EFICIENTE DE LA BIOMASA.....	51
2.7.3	ÍNDICES DE CONSUMO DE BIOMASA.....	54

III CAPÍTULO

3	REALIZACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA SOLAR Y DE BIOMASA EN EL POBLADO DE EL CORAZÓN, EL BARRIO Y EL CARMEN.	56
3.1	ANÁLISIS DE RADIACIÓN DIFUSA.....	57
3.2	ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN DE ALBEDO	79
3.3	ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN TOTAL	84
3.4	ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN TOTAL EN UNA SUPERFICIE HORIZONTAL.....	89
3.5	ANÁLISIS DE LA ENERGÍA TOTAL RECIBIDA EN UN DÍA DE CIELO CLARO.....	94
3.6	TIPOS DE BIOMASA UTILIZADAS EN LOS POBLADOS.....	99
3.7	CONSUMO BIOMASICO.....	103
3.8	TABULACIÓN DE DATOS.....	104

3.9	FORMULACIÓN DE MODELO MATEMÁTICO.....	105
-----	---------------------------------------	-----

IV CAPÍTULO

4	CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE OFERTA - DEMANDA ENERGÉTICA EN EL POBLADO DE EL CORAZÓN, EL BARRIO Y EL CARMEN.	118
4.1	EVALUACIÓN DE FUENTES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS DE ENERGÍA.....	118
4.2	DATOS ESTADÍSTICOS DEL CONSUMO ENERGÉTICOS.	1120
4.3	BALANCE ENERGÉTICO DE LA POBLACIÓN.....	122
4.4	ANÁLISIS DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LAS FUENTES ENERGÉTICAS.....	126
4.5	CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE OFERTA - DEMANDA ENERGÉTICA.....	129

V CAPÍTULO

5	ANÁLISIS Y RESULTADOS DEL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO EN LOS POBLADOS DE EL CORAZÓN, EL BARRIO Y CARMEN	133
5.1	ANÁLISIS ENERGÉTICO	133
5.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PROYECCIÓN DE LA OFERTA - DEMANDA.....	137
5.3	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS FINALES.....	142

5.4	PROGRESIÓN ESTADÍSTICA DE DATOS OBTENIDOS CON PROYECCIÓN PAÍS.....	143
-----	--	-----

VI CAPÍTULO

6	ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO	147
6.1	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	147
6.1.1	COSTOS INDIRECTOS.....	147
6.1.2	COSTOS DIRECTOS.....	148
6.2	ANÁLISIS FINANCIERO.....	149

VII CAPÍTULO

7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	150
7.1	CONCLUSIONES.....	150
7.2	RECOMENDACIONES.....	151

INDICE DE TABLAS

TABLA No 1: CLASIFICACIÓN DE LOS PIRANÓMETROS.....	11
TABLA No 2: TRANSFORMACIÓN – UTILIZACIÓN DE LA BIOMASA.....	40
TABLA No 3: ASPECTOS AMBIENTALES DE LA BIOMASA	41
TABLA No 4: DATOS POBLADOS DE EL CARMEN Y EL BARRIO	45
TABLA No 5: DATOS DE EL CARMEN Y EL BARRIO (MES OCTUBRE).....	47
TABLA No 6: DATOS DE EL CARMEN Y EL BARRIO (NOVIEMBRE)	49
TABLA No 7: DATOS DE EL CARMEN Y EL BARRIO (DICIEMBRE).....	51
TABLA No 8: DATOS DE EL CARMEN Y EL BARRIO (MES ENERO)	53
TABLA No 9: DATOS DE CORAZÓN.....	55
TABLA No 10: DATOS DE CORAZÓN (MES OCTUBRE).....	57
TABLA No 11: DATOS DE CORAZÓN (MES NOVIEMBRE).....	59
TABLA No 12: DATOS DE CORAZÓN (MES DICIEMBRE)	61
TABLA No 13: DATOS DE CORAZÓN (MES ENERO)	63
TABLA No 14: DATOS POBLADOS DE EL CARMEN Y EL BARRIO	66
TABLA No 15: DATOS POBLADOS EL CORAZÓN	68
TABLA No 16: RADIACIÓN PROMEDIO TOTAL BARRIO CORAZÓN	71
TABLA No 17: RADIACIÓN PROM TOTAL EL CARMEN Y EL BARRIO ...	73
TABLA No 18: RADIACIÓN TOTAL HORARIA EN SUPERFICIE PLANA EN LOS POBLADOS DE EL BARRIO Y EL CARMEN	76
TABLA No 19: RADIACIÓN TOTAL HORARIA EN SUPERFICIE PLANA EN EL POBLADO DE EL CORAZÓN.....	78

TABLA No 20: ENERGÍA RECIBIDA EN UN DÍA DE CIELO CLARO EN LOS POBLADOS DE EL BARRIO Y EL CARMEN	81
TABLA No 21: ENERGÍA RECIBIDA DÍA CIELO CLARO EN EL POBLADO DE EL CORAZÓN.....	83
TABLA No 22: USO DE LA BASURA COMO BIOMASA	86
TABLA No 23: UTILIZACIÓN DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS	87
TABLA No 24: CONSUMO DE LA BIOMASA.....	87
TABLA No 25: RADIACIÓN GLOBAL PROMEDIO TOTAL POBLADO DEL CORAZÓN.....	90
TABLA No 26: COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN PROMEDIO TOTAL POBLADO EL CORAZÓN	91
TABLA No 27: RADIACIÓN GLOBAL PROMEDIO TOTAL POBLADOS EL CARMEN Y EL BARRIO.....	93
TABLA No 28: COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN PROMEDIO TOTAL POBLADOS EL CARMEN Y EL BARRIO.....	94
TABLA No 29: PORCENTAJES DE FORMAS DE ENERGÍA UTILIZADAS	99
TABLA No 30: TRATAMIENTO DE BASURA.....	106
TABLA No 31: RESULTADOS PROMEDIOS DE RADIACIÓN DIFUSA DE EL CARMEN Y EL BARRIO.....	119
TABLA No 32: RESULTADOS PROMEDIOS DE RADIACIÓN DIFUSA EN EL POBLADO DE EL CORAZÓN	121
TABLA No 33: RESULTADOS DE LA RADIACIÓN PROMEDIO TOTAL BARRIO EL CORAZÓN.....	124

TABLA No 34: RESULTADOS DE LA RADIACIÓN PROMEDIO TOTAL POBLADOS EL CARMEN Y EL BARRIO.	125
TABLA No 35: RESULTADOS DE LA ENERGÍA RECIBIDA EN UN DÍA DE CIELO CLARO EN LOS POBLADOS DEL BARRIO Y EL CARMEN	126
TABLA No 36: RESULTADOS DE ENERGÍA TOTAL RECIBIDA EN UN DÍA DE CIELO CLARO EN EL POBLADO DE EL CORAZÓN.....	127
TABLA No 37: USO DE LA BASURA COMO BIOMASA	129
TABLA No 38: RENTA Y MATERIALES DE EQUIPOS	132
TABLA No 39: TOTAL GENERAL	133

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: HELIÓGRAFO CAMP DELL-STOCKES	7
FIGURA 2: BANDA DE REGISTRO Y HELIÓGRAFO.....	8
FIGURA 3: MIDIENDO LA INSOLACIÓN.....	9
FIGURA 4: PIRHELIÓMETRO SOLAR	10
FIGURA 5: PIRANÓMETROS P1110 Y SENSOR QUANTUM SKP215 (MEDIDA DE LA RADIACIÓN PAR). CAMPBELL SCIENTIFIC.....	12
FIGURA 6: ALBEDOMETRO	13
FIGURA 7: PIRRADIOMETRO DIFERENCIAL	13
FIGURA 8: DEMANDA DE ENERGÍA DEL ECUADOR.....	23
FIGURA 9: RADIACIÓN DIRECTA SOLAR SOBRE SUPERFICIES INCLINADAS	24
FIGURA 10: CÁLCULO DE LA RADIACIÓN DIFUSA RECIBIDA POR PLANO DE INCLINACIÓN.....	25
FIGURA 11: VARIACIÓN DE LA RELACIÓN (RADIACIÓN	
DIRECTA/RADIACIÓN GLOBAL) RECIBIDA POR UNA	
SUPERFICIE HORIZONTAL EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO	
CENITAL SOLAR, PARA DIVERSOS VALORES DE LA	
TURBIDEZ ATMOSFÉRICA	26
FIGURA 12: ÁNGULOS CENITAL DE LA RADIACIÓN DIRECTA.....	28
FIGURA 13: PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN DIFUSA DIARIA Y DIARIA TOTAL, COMO UNA FUNCIÓN	

DEL ÍNDICE PROMEDIO MENSUAL DE NUBOSIDAD (LIUYJORDAN 1960).	29
FIGURA 14: RADIACIÓN DIRECTA SOLAR SOBRE SUPERFICIE INCLINADAS.	30
FIGURA 15: CÁLCULO DE LA RADIACIÓN DIFUSA RECIBIDA POR PLANO DE INCLINACIÓN.	32
FIGURA 16: VARIACIÓN DE LA RELACIÓN (RADIACIÓN DIRECTA/RADIACIÓN GLOBAL) RECIBIDA POR UNA SUPERFICIE HORIZONTAL EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO CENTAL SOLAR, PARA DIVERSOS VALORES DE LA TURBIDEZ ATMOSFÉRICA.	36
FIGURA 17: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS POBLADOS EL CARMEN Y EL BARRIO.....	44
FIGURA 18: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE POBLADOS EL CORAZÓN	44

ÍNDICE DE GRAFICOS

GRÁFICO No 1: RADIACIÓN DIFUSA PROMEDIO EN LOS POBLADOS DEL BARRIO Y EL CARMEN.	46
GRÁFICO No 2: RADIACIÓN DIFUSA PROMEDIO EN LOS POBLADOS DEL BARRIO Y EL CARMEN (MES OCTUBRE).....	48
GRÁFICO No 3: RADIACIÓN DIFUSA PROMEDIO EN LOS POBLADOS DEL BARRIO Y EL CARMEN (MES NOVIEMBRE).	50
GRÁFICO No 4: RADIACIÓN DIFUSA PROMEDIO EN LOS POBLADOS DEL BARRIO Y EL CARMEN (MES DICIEMBRE).....	52
GRÁFICO No 5: RADIACIÓN DIFUSA PROMEDIO EN LOS POBLADOS DEL BARRIO Y EL CARMEN (MES ENERO).....	54
GRÁFICO No 6: RADIACIÓN DIFUSA PROMEDIO EN EL CORAZÓN.....	56
GRÁFICO No 7: RADIACIÓN DIFUSA PROMEDIO EN EL CORAZÓN (MES OCTUBRE)	58
GRÁFICO No 8: RADIACIÓN DIFUSA PROMEDIO EN EL CORAZÓN (MES NOVIEMBRE)	60
GRÁFICO No 9: RADIACIÓN DIFUSA PROMEDIO EN EL CORAZÓN (MES DICIEMBRE)	62
GRÁFICO No 10: RADIACIÓN DIFUSA PROMEDIO EN EL CORAZÓN (MES ENERO).....	64
GRÁFICO No 11: RADIACIÓN ALBEDO PROMEDIO EN EL CORAZÓN ...	67
GRÁFICO No 12: RADIACIÓN ALBEDO EN LOS POBLADOS DE EL BARRIO Y EL CARMEN.....	69

GRÁFICO No 13: RADIACIÓN TOTAL EN LOS POBLADOS DE EL BARRIO Y EL CARMEN.....	72
GRÁFICO No 14: RADIACIÓN TOTAL PROMEDIO EN EL CORAZÓN. ...	74
GRÁFICO No 15: RADIACIÓN S.H EN LOS POBLADOS DE EL BARRIO Y EL CARMEN.....	77
GRÁFICO No 16: RADIACIÓN S.H PROMEDIO EN EL CORAZÓN.....	79
GRÁFICO No 17: COMPARACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE RADIACIONES EN EL BARRIO Y EL CARMEN	82
GRÁFICO No 18: COMPARACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE RADIACIONES EN EL CORAZÓN.....	84
GRÁFICO No 19: CONOCIMIENTO ENERGIAS ALTERNATIVAS.....	85
GRÁFICO No 20: PORCENTAJE USO DE BASURA COMO BIOMASA. ...	86
GRÁFICO No 21: UTILIZACION DEL ABONO COMO BIOMASA.....	87
GRÁFICO No 22: PORCENTAJE DEL CONSUMO BIOMASICO EN LOS POBLADOS	88
GRÁFICO No 23: COMPORTAMIENTO DE LA RADIACIÓN SOLAR DIRECTA EN FUNCIÓN DEL PARÁMETRO KD PARA LOS MESES DE OCTUBRE DE 2012 HASTA ENERO DEL 2013 EN EL CORAZÓN.....	92
GRÁFICO No 24: COMPORTAMIENTO DE LA RADIACIÓN SOLAR DIRECTA EN FUNCIÓN DEL PARÁMETRO KB PARA LOS MESES DE OCTUBRE DE 2012 HASTA ENERO DEL 2013 EN EL CORAZÓN	92

GRÁFICO No 25: COMPORTAMIENTO DE LA RADIACIÓN SOLAR DIRECTA EN FUNCIÓN DEL PARÁMETRO KB PARA LOS MESES DE OCTUBRE DE 2012 HASTA ENERO DEL 2013 EN EL CORAZÓN	95
GRÁFICO No 26: COMPORTAMIENTO DE LA RADIACIÓN SOLAR DIRECTA EN FUNCIÓN DEL PARÁMETRO KB PARA LOS MESES DE OCTUBRE DE 2012 HASTA ENERO DEL 2013 EN LOS POBLADOS DEL BARRIO Y EL CARMEN.....	95
GRÁFICO No 27: DIAGRAMA COMPARATIVO DE MODELO MATEMÁTICO UTILIZADO PARA PROYECCIÓN ENERGÉTICA A NIVEL PAÍS.....	98
GRÁFICO No 28: PORCENTAJE APORTE DE ENERGÍA POR TIPOS ...	100
GRÁFICO No 29: ENERGÍA PREFERIDA PARA COCINAR	101
GRÁFICO No 30: BALANCE ENERGÉTICO	103
GRÁFICO No 31: DIFERENTES TIPOS DE TRATAMIENTO DE LA BASURA EN LOS POBLADOS	106
GRÁFICO No 32: DIFERENTES TIPOS DE TRATAMIENTO DEL ESTIÉRCOL EN LOS POBLADOS.....	107
GRÁFICO No 33: PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ENERGÍA DE EL BARRIO EN 10 AÑOS	108
GRÁFICO No 34: PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ENERGÍA DE EL CARMEN EN 10 AÑOS.....	109

GRÁFICO No 35: PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ENERGÍA DE EL CORAZÓN EN 10 AÑOS	109
GRÁFICO No 36: PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ENERGÍA DE TODOS LOS POBLADOS EN 10 AÑOS..	110
GRÁFICO No 37: PROYECCIÓN DE OFERTA DE ENERGÍA EN 10 AÑOS	111
GRÁFICO No 38: PROYECCIÓN DE DEMANDA A 10 AÑOS GLOBAL LOS TRES POBLADOS ESTUDIADOS	115
GRÁFICO No 39: PROYECCIÓN DEMANDA A 10 AÑOS EL BARRIO	116
GRÁFICO No 40: PROYECCIÓN DEMANDA A 10 AÑOS EL CARMEN.....	116
GRÁFICO No 41: PROYECCIÓN DEMANDA A 10 AÑOS EL CORAZÓN	117
GRÁFICO No 42: PROYECCIÓN DEMANDA A 10 AÑOS EL CORAZÓN	117
GRÁFICO No 43: PROYECCIÓN OFERTA A 10 AÑOS DE LOS TRES POBLADOS TOMANDO EN CUENTA LA ENERGÍA SOLAR Y LA BIOMASA	118
GRÁFICO No 44: PROYECCIÓN DE OFERTA A 10 AÑOS DE LOS TRES POBLADOS TOMANDO EN CUENTA LA ENERGÍA SOLAR Y LA BIOMASA EN FUNCIÓN DE FUTUROS PROYECTOS ENERGÉTICOS.	118

**GRÁFICO No 45: COMPARACIÓN EN TRES ESCENARIOS DE LA
DEMANDA ENERGÉTICA DEL PAÍS..... 131**

RESUMEN

El presente proyecto fundamentalmente tiene como objetivo el lograr plasmar las bases teóricas gracias a las cuales se podría en un futuro desarrollar una planta energética no convencional generadora de electricidad y regir los parámetros en los cuáles esta pueda funcionar gracias a los productos principales del documento como lo son: la curva de Oferta y demanda energética con su respectivo punto de equilibrio, el mapa solar y el mapa biomásico de ciertos sectores escogidos y estudiados debidamente.

Palabras Clave:

Energía

Mapa Solar

Mapa de Biomasa

Balance Energético

Demanda Energética

ABSTRACT

this project aims to capture the theoretical basis on which we may in the future develop a non-conventional power plant to generate electricity and control the parameters that governs it. This can be achieved through the final results obtained in this research, which are: energy demand curve with its own balance point, the solar map and the biomass map of some properly selected sectors.

Key Words

Energy

Solar Map

Biomass Map

Energy Balance

Energy Demand

CAPITULO 1

1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

En las áreas remotas de la región sierra del Ecuador la fuente predominante de energía de renovable está constituida por los recursos solares y de biomasa. Según investigaciones de la FAO (Organización de Agricultura de las Naciones Unidas), la proporción de biomasa (leña más residuos vegetales) en las zonas serranas del Ecuador fluctúa entre 5 y 6% del total de las fuentes primarias de energía (PhD Alfredo Barriga y Milton Balseca) y un 4% según el plan nacional del Buen Vivir 2009 – 2013. La utilización de estas fuentes está vinculada al uso de tecnologías eficientes de generación de energías, que permitan que esta producción sea competitiva frente al uso de los combustibles derivados del petróleo. Por su ubicación en el planeta, Ecuador tiene un promedio de seis horas de sol pico. Esa es una fortaleza que incentiva al uso de esta energía como alternativa favorable al ambiente. Las fuentes más difundidas por Diego Egas, asesor del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, son la térmica (baja temperatura) y la fotovoltaica, las cuales constituyen procesos para el calentamiento de agua para la producción de electricidad, respectivamente. Los expertos en utilización de energía solar y paneles fotovoltaicos, Gilberto Montoya y Santiago Sánchez, resaltan también la

ventaja natural del país. Para que funcionen estos sistemas se requiere de 5,2 horas promedio de sol pico por día cada año, que cubra la demanda de cuatro o cinco familias de la comunidad. Además, con un sistema térmico se abastece a duchas y lavado de ropa y ACS (Agua caliente sanitaria).

Durante los últimos años se ha venido desarrollando el tema de las energías renovables como respuesta a la rápida disminución de los combustibles fósiles motivo por el cual la tecnología e investigación se ha centrado en dicho campo, inclusive las universidades han propuesto en sus planes de estudio dicho desarrollo. La ESPE ha llevado a cabo un mega proyectoⁱ en el cual se presentó investigación que ayuda a la variación de la matriz energética del país y lo que las otras universidades están desplegando hasta el momento en el sector energético renovable. Este estudio reposa en los archivos del Vicerrectorado de Investigación de la ESPE.

La región sierra del Ecuador es rica en recursos naturales, los mismos que no han sido muy aprovechados ni tecnológica ni productivamente, lo que va en desmedro de la calidad de vida de los habitantes rurales de las zonas remotas, y es ahí a donde se debe enfocar los esfuerzos de la Universidad en el Ecuador, para lo cual se debe tener datos reales de oferta y demanda energéticas, situación que no se ha dado ya que información sobre mapas eólicos, solares, de biomasa, hidrogeno, etc. simplemente no existen o se están realizando por esfuerzos aislados de algunas personas interesadas en el desarrollo del País. Tal es así que no se tiene aún un *balance energético*

de los recursos renovables del País, que puede dar la pauta para proyectos sociales enfocados al mejor aprovechamiento de los recursos energéticos primarios como la biomasa y solar fotovoltaica en tres poblados (El Barrio y el Carmen en Pintag y el corazón en Aloag), que ayudarían con sus proyecciones, a todas las poblaciones alejadas del país, ya que estos estudios y datos, no se han encontrado a nivel universitario y menos aún a nivel gubernamental.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la ubicación del Ecuador en el planeta cuenta con promedio de seis horas sol pico, además en las zonas remotas de la Región Sierra del país la proporción de biomasa fluctúa entre un cinco a seis por ciento del total de fuentes de energía.

Con la implementación del Gobierno de la República del Ecuador, del Plan Nacional del Buen Vivir 2009 – 2013, se dio apertura a la implementación de tecnologías para la explotación de la energía solar y la biomasa como fuentes de producción de energía primaria, que reemplacen a los derivados del petróleo.

Ecuador cuenta con pocos estudios de investigación sobre el potencial energético en esas dos áreas específicas, existen investigaciones realizadas por el Ministerio de Energías y Recursos Renovables en el año 2002, pero están enfocadas al crecimiento de desechos reutilizables para energía alternativa, por lo que Ecuador no cuenta aún con una base científica sólida

del potencial energético solar y biomásico en las zonas donde se puede tener mayor aprovechamiento de acuerdo a su condición geográfica y la producción de la biomasa.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Realizar la evaluación del potencial energético solar-biomásico y análisis de requerimiento de energía primaria y secundaria (balance energético), en los poblados de El Corazón, El Carmen y El Barrio perteneciente a la provincia de Pichincha”

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Construir la curva de oferta - demanda energética de los poblados de El Corazón, el Barrio y El Carmen.
- Diseñar el modelo matemático para la construcción de la matriz de oferta y consumo energético.
- Elaborar un procedimiento para el estudio de la curva.
- Elaborar el mapa solar de los poblados tipo de la región Sierra.
- Analizar la evaluación financiera del proyecto

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

El estudio del problema del aseguramiento energético de las áreas remotas de Ecuador, requiere de investigación de campo de acuerdo a sus recursos fundamentales (intensidad de la radiación solar), cantidad de biomasa consumida, así como a su ubicación, densidad poblacional, área cultivada, etc; para buscar modelos matemáticos de posibles soluciones a las demandas energéticas de los poblados en las zonas rurales del Ecuador.

El presente estudio se realizara en los poblados El Corazón en la parroquia de Aloag, El Barrio y El Carmen en la parroquia de Pintag, de la provincia de Pichincha región sierra del Ecuador, Los poblados han sido seleccionados por sus características similares, por la cercanía, ubicación, y además cumple con todos los requerimientos geográficos necesarios para el análisis de un poblado típico serrano Ecuatoriano.

Las -opciones de solución se relacionan con el uso de los estudios de Diego Egas citados anteriormente, para posteriormente generar modelos de oferta energética utilizando una efectiva planificación que coadyuve al mejoramiento de la calidad de vida y mejor aprovechamiento de los recursos energéticos de las comunidades, lo cual hace necesario la creación de una curva de oferta - demanda energética para el esclarecimiento de los parámetros óptimos energéticos, de acuerdo a los diferentes tipos de materiales utilizados para generar energía para satisfacer las distintas necesidades de la comunidad de la región.

En las áreas remotas de la región sierra en el Ecuador la fuente de energía renovable está constituida por los recursos solares y la biomasa como fuentes de energía primaria es así que en los poblados El Corazón, Barrio y el Carmen no está exento de este análisis; y como fruto de investigación realizada en los estamentos del Estado departamentos y unidades se puede observar que no existen datos de Heliofania, eólicos, y de biomasa en el sector, situación que hace difícil la implementación de **PROYECTOS DE GRAN ENVERGADURA A NIVEL ENERGÉTICO**, que contribuyan con acierto a los programas de eficiencias energética llevados a cabo por el Gobierno y expuestos en el Plan Nacional del Buen Vivir, además de lo expuesto en los antecedentes.

Además contribuirá con datos veraces al desarrollo del proyecto doctoral titulado “MODELACIÓN MATEMÁTICA PARA LA OPERACIÓN OPTIMA DE SISTEMAS ENERGETICOS MIXTOS DE GASIFICACION DE BIOMASA-SOLAR FOTOVOLTAICO. CASO DE ESTUDIO REGIÓN SIERRA DEL ECUADOR”, con lo que se dejara en alto el nombre de la Escuela Politécnica Del Ejército y la Carrera de Ingeniería Mecánica siendo los pioneros en este tipo de estudios

Por estudios de este tipo se han realizado licitaciones por parte del gobierno en donde se han entregado hasta 270 mil dólares, dinero que pudo ser captado por la universidad como autogestión.

La utilización de dichas fuentes está vinculada al uso de tecnologías eficientes de generación de energía, que permitan esta producción sea competitiva frente al uso de los combustibles derivados del petróleo.

Por su ubicación en el planeta, Ecuador tiene cada día un promedio de 4,5 horas de sol pico. Esa es una fortaleza que incentive al uso de esta energía como una alternativa favorable al ambiente. Las fuentes más conocidas son la fotovoltaica y la térmica, las cuales sirven para el calentamiento de agua y generación de energía eléctrica, que debido a la distancia de ciertos poblados es escasa en la región sierra del Ecuador.

Es por esto que este proyecto es de suma importancia para contar una base de datos reales y actualizados que ayudaran al mejoramiento de la matriz energética del país con la implementación de **PROYECTOS ENERGÉTICOS**, como el realizado en OZOGOCHÉ alto llamado BIOCALEFÓN, y además se podrá contar con una verdadera curva de oferta – demanda energética, que ayudara a una verdadera planificación energética llegando a aumentar la eficiencia en el uso y aprovechamiento de los recursos renovables, aplicando de esta forma los conocimientos aprendidos en el aula durante el tiempo de la carrera.

1.5 ALCANCE

El alcance del presente Proyecto necesariamente van a ser los productos entregables del mismo, en los que constan el balance energético de las poblaciones tipo (El Corazón, El Barrio y El Carmen), la curva de Oferta y

demanda energética con su respectivo punto de equilibrio, el mapa solar de los sectores y el mapa biomásico de los mismos, vale la pena indicar que entre los tres poblados existen aproximadamente 240 familias con un promedio aproximado de 960 personas lo que implicara un trabajo arduo por parte de los investigadores y que los estudios serán realizados utilizando metodología científica y estadística.

CAPITULO 2

2 MARCO TEÓRICO

2.1 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA.

2.1.1 HELIÓGRAFOS.

La radiación solar es la principal fuente de energía transmitida a la tierra y tiene siempre una influencia directa o indirecta en el desarrollo de los fenómenos físicos que se producen en la atmósfera.

El estudio de la radiación global que alcanza la superficie de la tierra, supone un cierto número de medidas y, principalmente, la medida de la duración de la insolación o la llamada **HORA SOLAR PICO**. Estas medidas se efectúan por medio de un heliógrafo, que permite determinar la duración total de la insolación cada hora o cada día. Las lecturas deben ser hechas con aproximación de ocho horas. El tipo de aparato usado frecuentemente es el Campbell-Stockes. (Pelayo Arce, Marzo 2011)



Figura 1. Heliógrafo Campdell-Stockes

Fuente: foro.tiempo.com

La duración de la insolación se determina concentrando los rayos solares sobre una banda constituida por una tira de cartulina que se quema en el punto en que se forma la imagen del sol. Si la formación del foco fuera hecha a través de una lupa sería necesario desplazar ésta constantemente en función de las variaciones diurnas y estacionales de la posición del sol. Para evitar éste inconveniente se utiliza una esfera de vidrio

La banda de registro se coloca de forma apropiada sobre un soporte curvo, concéntrico con la esfera; así los rayos solares se concentran sobre ésa banda. Si el sol luce durante todo el día se forma sobre la banda una traza carbonizada continua. Si el sol brilla de forma intermitente, la traza quemada es discontinua. En este caso la duración de la insolación se determina sumando las longitudes de las partes carbonizadas.



Figura 2. Banda de registro y Heliógrafo
Fuente: foro.tiempo.com

El heliógrafo debe registrar permanentemente los periodos de insolación. Por lo tanto su emplazamiento ideal será donde pueda ser instalado sólidamente en un sitio despejado de todo obstáculo susceptible de interceptar los rayos solares en cualquier momento del día o del año.(Arce, Diciembre 2004, Ed. Marzo 2013)

Cuando el sol ha lucido en el cielo durante todo el día, la quemadura en la banda es uniforme y continua. Su lectura es muy fácil, ya que no hay más que contar los tramos de hora.

Cuando el sol ha lucido intermitentemente en el cielo, o cuando se interrumpe bruscamente la quemadura, la longitud de las mismas se mide y se dibujan en otra hoja. Cada medida de las quemaduras hay que ponerlas a continuación de la que se acaba de realizar. Cuando se tenga la línea completa, las horas de sol se miden con una banda sin usar.

Todo este proceso se realiza en la actualidad con unos tipos de plantillas especiales.

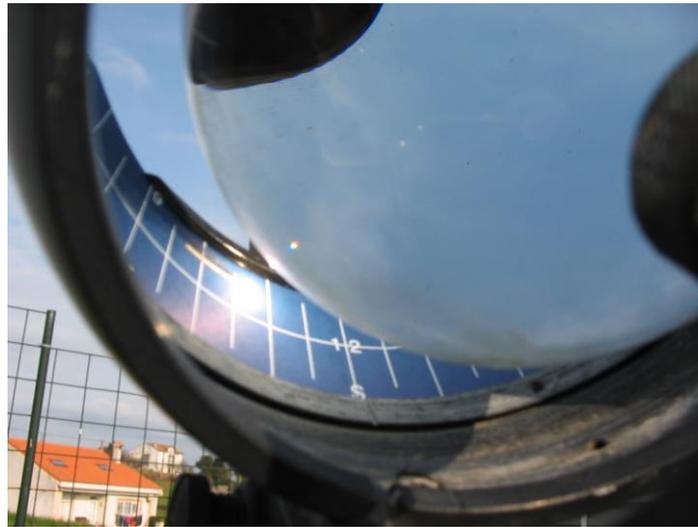


Figura 1. Midiendo la insolación

Fuente: foro.tiempo.com

2.1.2 PIRHELIÓMETROS.

Los pirheliómetros sirven para medir la radiación solar directa.

Tienen una abertura colimada y una cara de recepción que debe permanecer siempre normal a los rayos solares.

El pirheliómetro recibe energía sólo del disco solar y de un estrecho anillo de cielo contiguo, a través de un tubo largo; este aparato está dotado de un dispositivo automático de seguimiento del Sol. El error provocado por una abertura excesiva, aumenta en proporción a la cantidad de radiación del cielo admitida. El pirheliómetro de disco de plata de Abbot, permite deducirla intensidad de la radiación directa a partir de lecturas termométricas sucesivas, abriendo y cerrando alternativamente la entrada del aparato, estando sometido a unas normas muy estrictas, ya que el tiempo de

exposición tiene que ser muy preciso. Consiste en un disco de plata ennegrecida por una de sus caras, con un agujero ciego en el que se inserta un termómetro aislado por un manguito de madera. El disco está situado en el fondo de un tubo de latón que se puede obturar con ayuda de una pantalla móvil situada en el otro extremo; de esta forma se puede exponer el disco durante un tiempo determinado a la radiación solar, actuando el aislante como elemento refrigerante. El ángulo de abertura es de $5,7^\circ$. (Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial – 2006)



Figura 2. Pirheliómetro solar

Fuente: enner.es

2.1.3 PIRANOMETROS.

Piranómetro: instrumento necesario para medir la radiación solar procedente de un ángulo de 2π esterorradianes en una superficie plana y un intervalo espectral Comprendido entre $0,3$ y $3,0 \mu\text{m}$.

El piranómetro se utiliza a veces para medir la radiación solar incidente sobre superficies inclinadas respecto a la horizontal y se dispone en posición invertida para medir la radiación global reflejada.

Cuando sólo se efectúa la medida de la componente difusa de la radiación solar, la componente solar directa se debe cubrir por medio de un sistema de pantalla fotoeléctricos, piroeléctricos o bimetalicos. Debido a que los piranómetros están expuestos continuamente a todas las condiciones ambientales, deben ser de diseño robusto. Las propiedades de los piranómetros que hay que tener en cuenta al evaluar la precisión y calidad de la medida de la radiación son: sensibilidad, estabilidad, tiempo de respuesta, respuesta cosenoidal, respuesta azimutal, linealidad, respuesta de temperatura y respuesta espectral. (Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial – 2006). En base a la precisión y calidad global del sistema, pueden definirse tres clases de piranómetros, que se detallan en la tabla siguiente:

Tabla No 1. Clasificación de los piranómetros

Fuente: Propia

Característica	Patrón secundario	Primera clase	Segunda clase
Resolución (variación mínima detectable en W m⁻²)	± 1	± 5	± 10
Estabilidad (tanto por ciento de totalidad de escala, variación/año)	± 1	± 2	± 5
Respuesta cosenoidal (porcentaje de desviación respecto de la ideal para una altura solar de 10° en un día despejado)	<± 3	<± 7	<± 15
Respuesta azimutal	<± 3	<± 5	<± 10

Continúa...

Característica	Patrón secundario	Primera clase	Segunda clase
No linealidad (tanto por ciento de totalidad de escala)	$\pm 0,5$	± 2	± 5
Sensibilidad espectral (porcentaje de desviación de la absorbancia media 0,3 a 3 μm)	± 2	± 5	± 10
Tiempo de respuesta	<25s	<1 min	<4 min

Es evidente que con la especificación dada para la sensibilidad espectral, los "piranómetros" con detectores fotoeléctricos (piranómetros fotovoltaicos) no pueden clasificarse.

A pesar de ello, si se utilizan para fines especiales, debe tenerse en cuenta la posible influencia de la respuesta espectral.

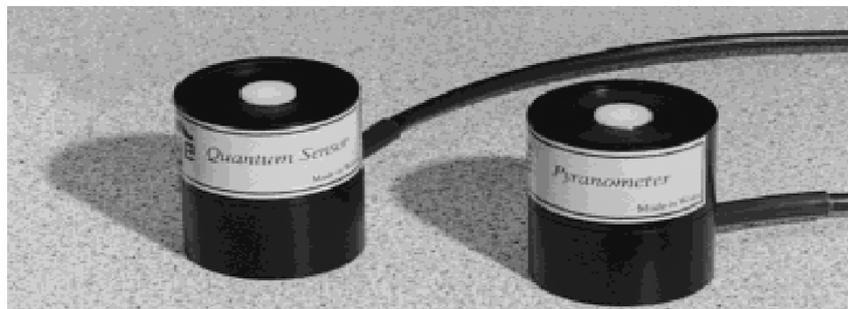


Figura 3. Piranómetro SP1110 y Sensor Quantum SKP215 (medida de la radiación PAR). Campbell Scientific.

Fuente: directindustry.es

2.1.4 ALBEDOMETRO.

El albedómetro está constituido por dos piranómetros iguales contrapuestos. Uno orientado hacia arriba (cielo) y el otro hacia abajo (tierra). El que está orientado hacia arriba mide la radiación global (directa +

difusa) que incide sobre el terreno mientras que el orientado hacia abajo mide la radiación global reflejada por el terreno. El Albedo es la relación que existe entre la radiación reflejada por el suelo, respecto de la radiación global incidente.

Con los albedómetros se puede calcular la radiación neta obtenida, a través de la diferencia entre la radiación global incidente y la radiación global reflejada. Los albedómetros miden en el campo espectral $0,3 \mu\text{m}$ a $3 \mu\text{m}$. Ambos piranómetros han de tener la misma sensibilidad. Los albedómetros no requieren alimentación externa sino que generan una tensión, normalmente igual a: $10(\text{mV/kW} * \text{m}^2)$. Cada piranómetro se calibra individualmente utilizando como referencia el WRR (WorldRadiometric Reference) y necesariamente deben tener su certificado de calibración.(Arce, Diciembre 2004, Ed. Marzo 2013)



Figura 4. Albedometro

Fuente: gisibérica.com

2.1.5 PIRRADIOMETRO DIFERENCIAL O BILANMETRO.

Estos aparatos, muy delicados, miden la diferencia entre las radiaciones dirigidas hacia el suelo y hacia el espacio y permiten establecer dos balances radiactivos. Poseen una doble superficie sensible, una vuelta hacia arriba y la otra hacia abajo.

Están destinados a medir radiaciones de longitud de onda comprendidas entre $0,3 \mu\text{m}$ y $100 \mu\text{m}$, mediante detectores térmicos (termopilas de doble cara) protegidos por una cúpula de polietileno especial, transparente hasta $15 \mu\text{m}$ y barridos por una corriente de nitrógeno para evitar las condensaciones que falsearían las medidas a causa de la absorción de radiación infrarroja por el agua, Figura No 2.7(Arce, Diciembre 2004, Ed. Marzo 2013)

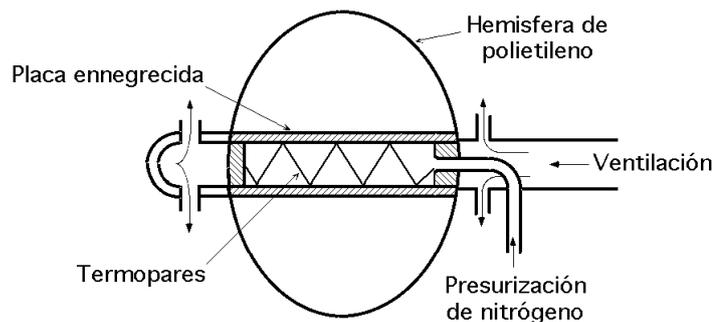


Figura 5. Pirradiómetro Diferencial

Fuente: virtual.unal.edu.co

2.2 MATRIZ ENERGÉTICA EN EL ECUADOR

2.2.1 DESCRIPCIÓN.

La matriz energética del Ecuador no hace sino reafirmar la característica del país como exportador de bienes primarios de bajo valor agregado e importador de bienes industrializados. En efecto, la contabilidad energética muestra que la producción nacional, que constituye el 90% de la oferta energética total está concentrada en un 96% en petróleo crudo y gas natural, quedando las energías renovables (hidroelectricidad y biomasa) relegadas a un 4% de la producción nacional. En contrapartida, el segundo componente de la oferta energética, las importaciones –que son el 10% restante de la oferta–, corresponden en más del 90% a derivados de petróleo (GLP, diesel, nafta de alto octano y otros), además, dependiendo de las circunstancias se importa electricidad y otros productos no energéticos (lubricantes, etc).

2.2.2 DATOS TÉCNICOS.

En la demanda energética, las exportaciones son el principal componente (64% del total), en tanto que la demanda doméstica apenas alcanza el 28% del total, y el 8% restante corresponde a pérdidas por transformación. Ahora bien, el 90% de las exportaciones son de petróleo crudo, el 9% restante de derivados de bajo valor agregado (fuel oil principalmente) y el resto (1%) corresponden a aceites de origen vegetal. La demanda doméstica se

compone principalmente de derivados de petróleo (79%), electricidad (13%), biomasa -leña, bagazo y otros- (5%), y el resto (2%) productos no energéticos como carburantes y otros. Desde una perspectiva sectorial la demanda doméstica se concentra en los sectores transporte (52%), industria (21%) y residencial (19%), el resto (8%) corresponde a los sectores: comercial y servicios (4%), y otros sectores de la economía (4%).

El cambio de la matriz energética tiene varios componentes:

- La participación de las energías renovables debe incrementarse en la producción nacional. Para el cumplimiento de este objetivo, los proyectos hidroeléctricos del Plan Maestro de Electrificación deben ejecutarse sin dilación; y, adicionalmente, debe impulsarse los proyectos de utilización de otras energías renovables: geotermia, biomasa, eólica y solar
- Las importaciones de derivados de petróleo deben reducirse al mínimo posible, lo que se puede lograr sólo a través de la construcción de la Refinería del Pacífico, que permitirá garantizar la provisión de productos derivados de petróleo para el consumo doméstico y generar excedentes
- El petróleo crudo es, de acuerdo a varios tipos de análisis, un bien de bajo valor agregado, por lo que una alternativa a la actual exportación es la utilización del crudo como un insumo en la nueva refinería, lo que permitirá cambiar el perfil actual a exportaciones de derivados de petróleo, a productos de valor agregado más alto.

- Al ser el sector de transporte el principal consumidor de energía se vuelve imprescindible trabajar sobre este sector, buscando la eficacia y eficiencia del sistema. El transporte además tiene serias implicaciones ambientales en ciudades en las cuales el alto volumen de tráfico genera problemas de embotellamientos y contaminación ambiental.

Es necesario buscar medios más eficientes, en lo económico y energético, para el transporte de personas y mercaderías entre ciudades y al interior de éstas. En particular hay que avanzar en el planteamiento de la construcción de un metro para la ciudad de Quito.

- Las pérdidas de transformación reúnen tanto a las pérdidas por transformación de energía propiamente dicha (por ejemplo, cuando se genera electricidad quemando diesel en una central térmica), cuanto a las pérdidas en la distribución de energía (por ejemplo, por evaporación de combustibles en el transporte). En el primer caso, las pérdidas por transformación de energía, no sólo son consecuencia de la ley física que dice que los procesos de conversión de energía nunca son eficientes en un 100%, sino que son el resultado de ineficiencias que pueden ser evitadas. La reducción de pérdidas por transformación es una tarea permanente que requiere el análisis técnico respectivo para tomar las acciones necesarias para minimizar al máximo permitido por las leyes de la física las pérdidas de conversión de energía, también la pérdidas en distribución son, a menudo, susceptibles de ser reducidas con las adecuadas medidas técnicas.

- Los planes y programas para el uso eficiente de la energía deben centrarse fundamentalmente en los sectores industrial y residencial. El sector estatal debe ser ejemplo en el consumo energético eficiente y responsable.
- En relación a ciudadanos y ciudadanas, es necesario generar la conciencia del ahorro energético consistente con un consumo sustentable. El programa de sustitución de cocinas a gas (GLP) por cocinas de inducción deberá ejecutarse tan pronto como exista la factibilidad de la generación eléctrica para este plan. Los ahorros energéticos vienen emparejados con la disminución de contaminantes y con la reducción en los impactos en el cambio climático.(Davis G,1990)

El cambio de la matriz energética es un esfuerzo de largo plazo. La actual matriz responde a una situación estructural que para ser modificada requiere: por una parte la construcción de la infraestructura necesaria para posibilitar el cambio, a través de proyectos estratégicos cuyo estudio, diseño y construcción requieren de plazos de varios años; por otra parte, presupone el cambio estructural de la economía, la transformación del modelo de especialización, el pasar de una economía primario exportadora a una economía productora de bienes industriales de alto valor agregado y una economía pos petrolera. Adicionalmente, las inversiones necesarias para cambiar la matriz energética requieren de cuantiosos recursos, sin embargo, la dilación en las inversiones solo traen aparejadas enormes pérdidas

económicas e impactos ambientales altamente negativos que se prolongan mientras éstas no se realicen.

Desde la óptica de la planificación, el período 2009-2013 es el más importante pues corresponde a la fase de implantación de los cimientos para el desarrollo de los grandes proyectos necesarios para reorientar al sistema energético nacional hacia un sistema eficaz, eficiente y amigable con el medio ambiente; este periodo es el de realización de estudios, análisis de factibilidad, evaluación de alternativas, ingeniería de detalle, definición del financiamiento, etc.

Adicionalmente, en el corto plazo, aquellos proyectos orientados al cambio de la matriz energética que ya han iniciado deben continuar desarrollándose al igual que proyectos de pequeña envergadura que son factibles de ejecutar. Concretamente, debemos continuar con el programa de sustitución de focos incandescentes por focos ahorradores; con la importación de electrodomésticos eficientes energéticamente penalizando fuertemente a aquellos que sean de consumo ineficiente; con el desarrollo de proyectos de biocombustibles (de segunda y tercera generación) que no aumenten la frontera agrícola, es decir, en zonas degradadas o semidesérticas, cuidando sobre todo de no poner en riesgo la soberanía alimentaria; la producción de biocombustibles a partir de biomasa de desecho podría ser una alternativa importante. En las ciudades, será importante auspiciar proyectos de tratamiento integral de desechos, orientados al reciclaje y a la generación de abonos orgánicos y energía. La

exploración del gas en la costa ecuatoriana debe continuar así como los proyectos de aprovechamiento del gas natural del Golfo de Guayaquil.

Finalmente, la soberanía integral contempla también la soberanía energética, por lo que es importante desarrollar las capacidades productivas que nos permitan el autoabastecimiento energético, en particular, de electricidad. Una vez alcanzado este objetivo, la interconexión con nuestros vecinos puede servir para impulsar procesos de reducción del precio de generación, mediante la optimización del despacho de energía eléctrica (SENPLADES, 2009).

2.3 MAPA SOLAR

2.3.1 DESCRIPCIÓN

Casi toda la energía disponible en el planeta tiene tres fuentes fundamentales: el sol en forma directa o indirecta (combustibles fósiles, biomasa, vientos y rayos solares); el proceso de formación cósmica que precedió a la formación del sistema solar actual (energía nuclear y geotermia) y, finalmente, una pequeña parte de la energía disponible proviene de los movimientos lunares (Davis G, 1990).

El sol es la fuente de casi toda la energía terrestre. Él permite la fotosíntesis que transforma la energía de los rayos solares en energía química, indispensable para la vida vegetal y animal. La fotosíntesis también ha permitido la formación de los combustibles fósiles. El sol está en la

génesis de los vientos y es el motor que mueve los ciclos hidrológicos. En forma directa, la energía solar aparece bajo la forma de energía solar propiamente dicha, hidráulica o de energía eólica.

La energía solar que se recibe en la superficie de la tierra se ha calculado equivalente a 178 000 TW-año. En 1990 se calculaba que esta cantidad era 15000 veces mayor que el consumo global. No obstante, cerca del 30% de esta energía es reflejada en el espacio, 50% es absorbida, convertida en calor y reenviada a la superficie terrestre; de este 50%, 49 000 TW-año son reenviados como energía calorífica bajo la forma de radiación electromagnética y 40 000 TW-año como energía calórica propiamente dicha.

Los 20% restantes permiten la formación de los vientos (~350 TW), alimentan de energía los ciclos hidrológicos (~35 000 TW) y tan solo una muy pequeña parte de la energía solar es utilizada por la fotosíntesis, gracias a la cual la biodiversidad planetaria existe (100 TW).

La energía geotérmica, considerada también renovable, y proveniente del proceso de formación cósmica, puede ser sustraída de la corteza terrestre hasta un valor de 30 TW-año. La energía de las mareas, creada por la atracción de la luna, puede también entregar una pequeña parte de la energía utilizable del orden de 3 TW-año.

Las estimaciones del potencial de las energías renovables (biomasa primaria, energía solar, energía hidráulica, energía eólica y energía geotérmica) muestran que su contribución se multiplicará por diez, pudiendo

llegar hasta 10 o 15TW-año. Este crecimiento de las energías renovables dependerá sobretodo de sus costos, de los impuestos a las energías no renovables y de las políticas energéticas.

2.3.2 DATOS TÉCNICOS.

La información base que se utilizó para el desarrollo del Atlas Solar del Ecuador con Fines de Generación Eléctrica, fue generada por el National Renewable Energy Laboratory - NREL de los Estados Unidos, cuyas acciones están orientadas a la investigación y desarrollo de energías renovables y eficiencia energética. Dentro de este marco, el NREL desarrolló el modelo CRS (Climatological Solar Radiation Model), que permite conocer la insolación diaria total sobre una superficie horizontal en celdas de aproximadamente 40 km x 40 km alrededor del mundo y cuyos resultados han sido validados a través de la medición de datos efectuados por estaciones, estableciéndose que el error de los datos es del 10%. Utiliza información sobre traza de gases, vapor de agua atmosférico, nubosidad, cantidad de aerosoles.

El NREL publica, en forma periódica, los valores de insolación promedio, para una locación dada usando colectores fijos con cinco ángulos de inclinación: horizontal: (0°), latitud del lugar menos 15°, latitud, latitud más 15°, y vertical (90°). Estos datos son complementados con mediciones tomadas usando superficies colectoras móviles, las que son montadas en aparatos que, automáticamente, siguen la trayectoria del sol. La información

disponible, corresponde al período entre el 1 de Enero de 1985 y el 31 de Diciembre de 1991, y fue publicado en Julio del 2006. Los datos representan la energía solar promedio mensual y anual de los valores diarios la insolación total (directa y difusa) e insolación global sobre una superficie horizontal y contiene los promedios mensuales (dentro del período mencionado) de cada una de ellas, expresados en Wh/m²/día.

La Corporación para la Investigación Energética – CIE, utiliza la información generada por el modelos CRS, filtrando en primera instancia el amplio volumen de información proveniente de este modelo, hasta seleccionar aquellos que corresponden únicamente al territorio continental ecuatoriano, y mediante códigos, ser exportados a una base de datos para que sean compatibles con la plataforma de trabajo que se escogió, en este caso, un Sistema de Información Geográfica (SIG). A través del SIG se convirtió las referencias geográficas al Sistema de proyección y coordenadas escogidas para el país, en este caso Universal Transverse de Mercator, WGS84, Zona 17 Sur. La filtración de celdas, dio una cobertura de 472 puntos sobre el territorio continental Ecuatoriano enceldas de 40 Km x 40 Km, que provienen de los datos originales. Esta versión del Atlas contiene al momento información sobre el Ecuador continental, se está trabajando para en una futura versión, incorporar a la región insular del país. Los datos así, a través de su base de datos de respaldo, fueron analizados estadísticamente para conocer su comportamiento y de esta manera escoger el interpolador que se asemeje de mejor manera al fenómeno analizado, una vez escogido

el interpolador, se obtuvieron celdas de información con una resolución de 1 Km² (Figura 3). Este proceso se repitió para cada mes dentro de las insolaciones directa, difusa y global, obteniéndose un total de 36 mapas mensuales, más 3 que corresponden a los promedios anuales, dando un juego de 39 mapas.

Cada grilla obtenida a través de este proceso, generó una base de datos de aproximadamente 248 000 puntos para cada cobertura en celdas de 1 Km², dando un total de 9 600 000 registros con información de los tres tipos de insolaciones.

Los mapas solares globales se insertan en el **ANEXO 1**

2.4 CURVA DE OFERTA – DEMANDA ENERGÉTICA.

2.4.1 DESCRIPCIÓN.

En enero de 2008 el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable - MEER- difundió el estudio **“Políticas y Estrategias para el Cambio de la Matriz Energética del Ecuador”**. En la Elaboración de este estudio se detectó falta de información o la existencia de información limitada sobre la demanda de energía sin un encuadre que la vincule a la necesidad de prestar un servicio para la toma de decisiones en cada uso. Se reconoció entonces que para establecer un sistema permanente de planificación energética debe desarrollarse un sistema de información confiable, sistemática y actualizada. También, se innovó conceptualmente al concebir

que el proceso de planificación de los cambios de la matriz energética nacional deba comenzar por la demanda de energía. Tradicionalmente en el Ecuador, así como en prácticamente casi todos los países de América Latina, no existe el concepto de que la demanda es una variable manejable y controlable. Esto es, que resulta la principal variable de comando que determina los requerimientos de toda la cadena energética precedente: la oferta, la infraestructura necesaria para el desarrollo y explotación de recursos energéticos, las inversiones en todas las etapas de dicha cadena y las necesidades de importación de energía o sus posibilidades de exportación.

De acuerdo al estudio citado, resulta urgente emprender acciones orientadas a modificar las tendencias del consumo y así lograr un equilibrio más razonable de la ecuación demanda – oferta de energía. Uno de los pilares del enfoque integrado de la problemática energética del Ecuador constituye el manejo de la demanda de energía. De ahí la necesidad de incorporar en los estudios de previsión de la demanda de energía los potenciales impactos de acciones y estrategias de gestión del consumo de electricidad y las fuentes de energía sustitutiva y complementarias sobre las tendencias de crecimiento de la demanda. Sobre la base de las conclusiones y recomendaciones del estudio mencionado, la Subsecretaría de Gestión de Política Nacional del MEER, propone realizar un conjunto de acciones con el fin de implementar un sistema de información de demanda de energía desagregando por usos finales, comenzando por los sectores residencial y

comercial. De esta manera, se dispondrá de información confiable que permita caracterizar los consumos de energía por usos en quintiles para el sector residencial y por ramas de actividad en el sector Comercial, para diseñar políticas específicas destinadas a un uso racional y eficiente de energía a efectos de no sobredimensionar inversiones de la oferta y estimular la penetración de tecnologías eficientes y amigables con el ambiente tanto en la producción local o importaciones de equipos para uso doméstico y comercial.

2.4.2 DATOS TÉCNICOS.

La demanda energética Ecuatoriana en los últimos años ha sido satisfecha incluso con la compra de energía a países vecinos como Colombia y Perú, pero con la construcción de los diferentes proyectos hidroeléctricos entre ellos Coca Codo Sinclair, la iniciación del proyecto sopladora el ya terminado Mazar y Toachi Pilaton, se prevé incluso la exportación energética.

Así, según datos del Consejo Nacional de Electricidad (Conelec) y Centro Nacional de Control de la Energía (Cenace), hasta el fin de semana pasado, la demanda para diciembre fue de 1 225 gigavatios hora (Gw/h), frente a una potencia demandada de unos 2 879,2 megavatios (Mw). Con ello la demanda está cubierta, según indicó una fuente cercana al Cenace. Debido a la crisis energética, que se extendió de noviembre de 2009 hasta febrero

de este año, los números de abastecimiento fueron los más bajos, pues llegaron a 2 658,8 Mw y 2 740,6 Mw en enero y febrero, respectivamente.

En marzo, tras la instalación de nuevas fuentes térmicas de electricidad, la cifra subió a los 2 819,6 Mw. Pasada la temporada de Noche Buena y Navidad, días en los que la demanda energética ha sido alta todos los años en el país, este rubro creció en un 3,3%, en relación a 2009, aunque bajó respecto a noviembre, mes en el que en comparación al año anterior creció en un 5%. La potencia demandada creció en un 4,7%, cifra que se mantuvo respecto a noviembre mes en el que en comparación al año anterior creció en un 5%. Por otra parte, la composición de la generación en el 2010 se ha basado en la hidroelectricidad, con un 47% de la matriz energética, es decir unos 8 277,5 Gw/h; de los que 3 883,4 Gw/h corresponden a la central de Paute, y los 4 148,7 Gw/h restantes provienen de otras plantas del país, entre ellas San Francisco, Agoyán, etc. Las autoridades eléctricas manifiestan que esta matriz de hidroelectricidad varío desde el año 2011, tras la inauguración de la central Mazar, que aporta con 160 Mw de potencia al sistema nacional interconectado (SIN) Estos datos fueron arrojados en la crisis del 2010.

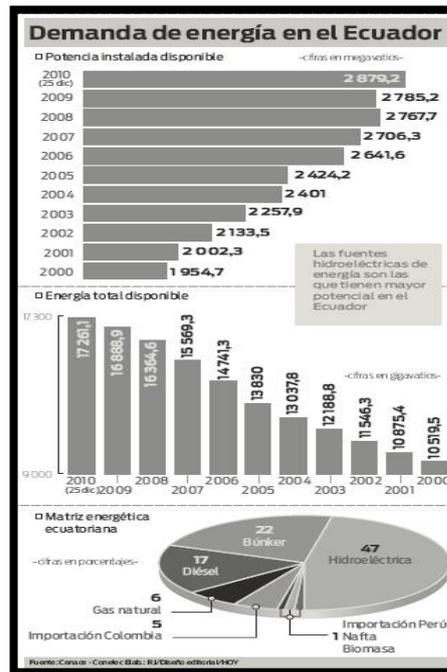


Figura 6. Demanda de energía del Ecuador

Fuente: Cena 02 - Conelec

2.5 IRRADIACIÓN SOLAR EN EL ECUADOR.

2.5.1 ATENUACIÓN

La radiación solar es la radiación electromagnética del sol, de la cual, el 97% pertenece a la región del espectro comprendida entre 300 y 4000 nm, conocida como radiación de longitud de onda corta. La radiación solar sufre atenuación por varios componentes atmosféricos como moléculas de aire, aerosoles, gases, gotas de nube y cristales de hielo. Las moléculas de aire dispersan la radiación (dispersión Rayleigh), mientras que los aerosoles no sólo dispersan, sino que también absorben la radiación solar que atraviesa la atmósfera. La cantidad de radiación dispersada y absorbida depende de la

composición química de las partículas y de la humedad del entorno. El vapor de agua, el ozono, el dióxido de carbono y el oxígeno son los principales gases absorbentes del espectro de radiación solar. El ozono absorbe principalmente la radiación solar correspondiente a la región del espectro solar ultravioleta y visible, mientras que las bandas de absorción del vapor de agua y del dióxido de carbono se encuentran desde el infrarrojo cercano hasta la zona del espectro del rojo. Además, el oxígeno absorbe en una pequeña banda de la zona del visible. La influencia de estos agentes atmosféricos puede observarse en la distribución espectral de la radiación solar directa y difusa que se muestra en la siguiente figura No 2.9.

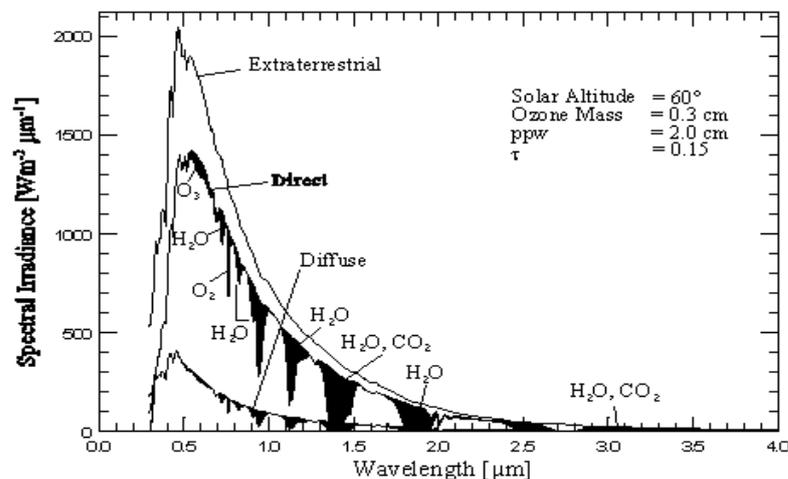


Figura 9 Modelo espectral de radiación solar directa
Fuente: rammb.cira.colostate.edu

La figura muestra el modelo espectral de radiación solar directa y difusa para una altitud solar de 60° con cielo despejado, suponiendo una masa de

ozono de 0.3 cm, una cantidad de agua precipitable de 2.0 cm y un espesor óptico de 0.15 debido a los aerosoles.

La curva superior representa el espectro de la radiación que llega a la cima de la atmósfera. Le sigue la irradiancia espectral directa suponiendo que no existe atenuación por parte de moléculas, gases y aerosoles. Los picos hacia abajo en el espectro de irradiancia directa están causados principalmente por la absorción del vapor de agua y del dióxido de carbono. La absorción de radiación por parte del vapor de agua barre todo el espectro a partir de unos 690 nm. Las bandas de absorción del dióxido de carbono están también presentes desde unos 1500 nm. La distribución de la irradiancia espectral difusa se representa en la siguiente curva.

2.5.2 CARACTERÍSTICAS

2.5.2.1 MOVIMIENTO DE LA TIERRA

El movimiento de la Tierra alrededor del Sol se llama traslación y lo hace describiendo una órbita elíptica de muy poca excentricidad llamada Eclíptica, estando el Sol situado en uno de sus focos. La duración del recorrido es de 365 días, 5 horas y 48 minutos a una velocidad de 108.000 Km/hora, aproximadamente. Esta órbita está inclinada con respecto al plano del Ecuador un ángulo de $23^{\circ}45'$ y ello hace que sobre un punto determinado de la Tierra los rayos del Sol caigan unas veces más perpendicularmente que en otros y, por lo tanto, que la radiación incidente I_0 sobre la misma sea diferente, Figura 2.10. Por otra parte, la Tierra tiene un movimiento de rotación alrededor de su eje en el que emplea 24 horas. Ahora bien,

debido a la inclinación del eje de rotación y del movimiento orbital de la Tierra, la duración del día y de la noche varía según la latitud del lugar. Así, en el Ecuador terrestre el día y la noche son iguales, doce horas, pero esa igualdad se va perdiendo a medida que se pasa del Ecuador hacia los Polos, ya que progresivamente van apareciendo inviernos de noches más largas en contraposición con veranos de noches más cortas; en las regiones polares duran medio año cada uno.

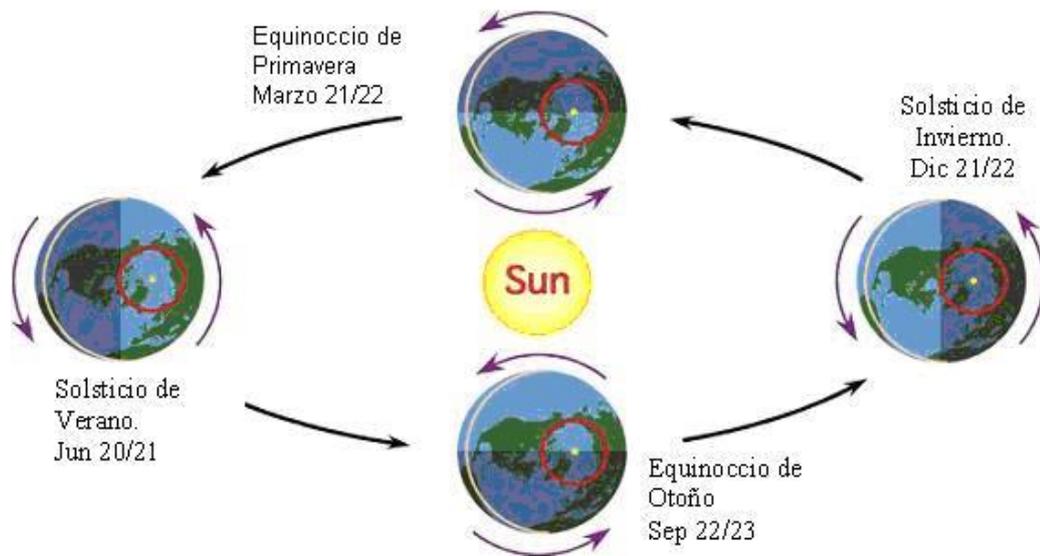


Figura 10. Posiciones del sol a lo largo del año

Fuente: <http://campus.almagro.ort.edu.ar>

2.5.2.2 PARÁMETROS

Para calcular la radiación solar incidente sobre una superficie que tiene una determinada inclinación y orientación, es necesario definir algunos términos, cuya representación se ha hecho en las Figuras No .2.9, 2.10, y 2.11.

El ángulo cenital solar s , es el ángulo que forma la radiación directa del Sol y la vertical del lugar, en un punto cualquiera de la Tierra. Este ángulo varía continuamente a lo largo del día y depende también de la latitud del lugar y de la declinación.

El ángulo acimutal del Sol s , es el ángulo que forma la componente horizontal de la radiación solar directa, con la dirección Norte-Sur, en el hemisferio norte. Se mide sobre el plano horizontal que pase por el lugar.

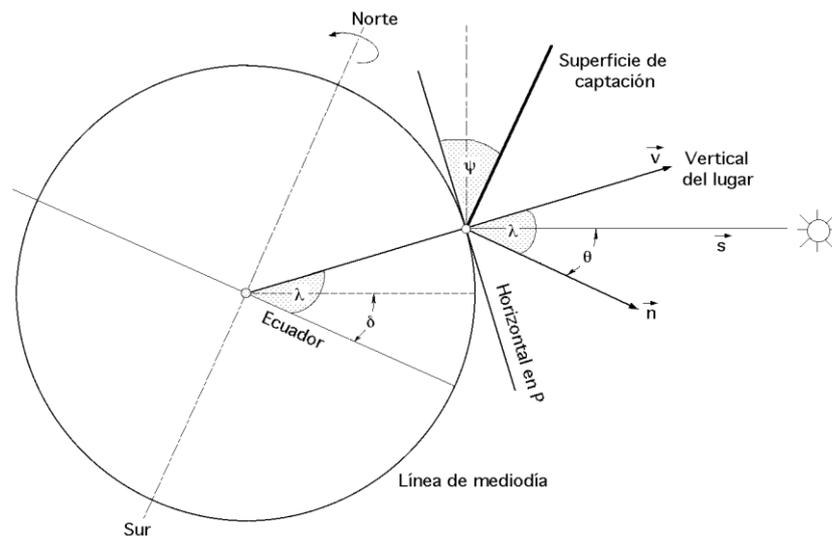


Figura 11. Situación espacial de diversos ángulos.

Fuente: faciled.es

La declinación que es la posición angular del Sol al mediodía solar, respecto al plano del Ecuador terrestre; el valor de este ángulo se suele tomar cada día al mediodía solar. Esto es debido a que el eje de rotación de la Tierra está inclinado un ángulo de $23^{\circ}45'$ respecto al eje del plano que contiene la órbita que describe alrededor del Sol y de ahí que el valor de la

declinación varíe entre $\pm 23^{\circ}45'$ a lo largo del año. La declinación al Norte del Ecuador se considera positiva.

El ángulo horario es el desplazamiento angular del Sol, respecto al mediodía, que es el instante en que el Sol se encuentra más alto en el cielo y se corresponde con un ángulo cenital solar mínimo, es decir, con un ángulo horario igual a 0. Cada hora es igual a 15° de longitud, tomando un valor (+) por las mañanas y (-) por las tardes.

La latitud de un lugar cualquiera sobre la superficie de la Tierra, es su desplazamiento angular por encima o por debajo del Ecuador, medido desde el centro de la Tierra. Se considera positiva al N del Ecuador.

La longitud del lugar L es el ángulo que forma el semiplano que pasa por los polos en un lugar de la superficie de la Tierra y el semiplano que pasa por Greenwich. Este semiplano es un cero arbitrario y la línea que corta sobre la superficie terrestre se denomina meridiano de Greenwich. La longitud y la latitud son coordenadas que localizan un punto cualquiera sobre la superficie de la Tierra.

Otro ángulo que se debe tener en cuenta es el que forma el terreno (o la superficie que se considere), con la horizontal del lugar y que llamaremos; éste es el ángulo cenital de la superficie y, por lo tanto, el ángulo que forma la normal a la superficie con la vertical del lugar.

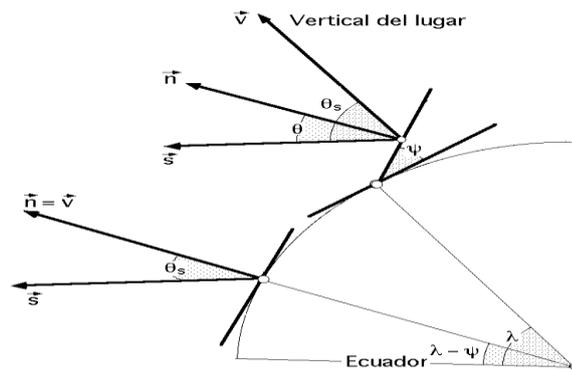


Figura 12. Ángulos cenital de la radiación directa

Fuente: onmafucasolar.blogspot.com

Que define el ángulo cenital solar en función de la latitud del lugar I , del día del año definido por su declinación media δ y la hora del día definida por el ángulo horario τ .

En cambio el ángulo acimutal solar viene dado por la siguiente expresión:

$$\cotg\beta_s = \frac{\text{tag}\delta\cos\alpha - \text{sen}\lambda\cos\tau}{\text{sent}\tau} \quad \text{ec. 2.3}$$

Mediante la ecuación del ángulo cenital solar se puede determinar el ángulo horario τ_s de salida o puesta del Sol, haciendo $\theta_s = 90^\circ$:

$$\cos\tau_s = -\frac{\text{sen}\lambda\text{sen}\delta}{\cos\lambda\cos\delta} = -\text{tag}\lambda\text{tag}\delta \quad \text{ec.2.4}$$

Para la declinación δ se tomara el valor medio diario, al mediodía, dado por la ecuación:

$$\delta = 23,45 \operatorname{sen} \left(360 \frac{284+Z}{365} \right) \quad \text{ec.2.5}$$

En la que Z es el día del año considerado, contado a partir del 1 de Enero.
(Liu y Jordan, 1960)

2.6 RADIACIÓN SOLAR SOBRE SUPERFICIES INCLINADAS

Para poder diseñar instalaciones de aprovechamiento solar, conviene convertir datos de radiación sobre una superficie horizontal, en datos de radiación sobre una superficie inclinada. Esto se puede llevar a cabo, tanto para la componente directa de la radiación, como para la difusa.

Si se supone que el Sol brilla uniformemente, de manera que tengamos una distribución igual durante el día y si adoptamos una curva estándar de radiación para la irradiancia directa, que nos relacione la irradiancia normal directa con la altura cenital solar, se puede estimar, mediante cálculos trigonométricos y posterior integración numérica, la relación existente entre la radiación directa mensual sobre cualquier superficie plana inclinada y la correspondiente radiación directa media mensual sobre un plano horizontal.

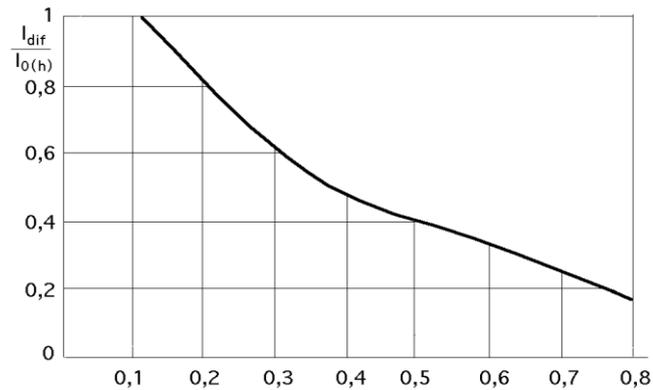


Figura 13 Promedios mensuales de radiación difusa diaria y total, como una función del índice mensual de nubosidad (Liu y Jordan, 1960)

Fuente: antusol.webcindario.com

En la Figura No 2.13 se ha hecho una representación, con datos de cuatro localidades, de la relación entre los promedios mensuales de radiación difusa diaria y radiación total diaria, como una función del índice promedio mensual de nubosidad. En la Fig. I.21 se ha hecho la representación gráfica correspondiente a la radiación horaria respecto a la diaria, ambas sobre una superficie horizontal, para diversos intervalos horarios entre la salida y puesta del Sol. El proceso se puede simplificar aplicando la formulación trigonométrica que permite seguir el movimiento aparente del Sol, junto con la curva de radiación estándar elegida, obteniéndose de esta forma los valores instantáneos de radiación sobre distintas superficies, en determinados intervalos de tiempo, en cualquier época del año y en distintos lugares; de esta forma se obtienen los gráficos de datos sobre irradiancia directa con el cielo sin nubes y el Sol brillante.

Se puede obtener una aproximación más sofisticada teniendo en cuenta los efectos de la turbidez de la atmósfera y su efecto sobre la radiación solar.

2.6.1 COMPONENTE DIRECTA

Analicemos en primer lugar la componente directa de la radiación. Sobre una superficie horizontal, la dirección de la radiación directa I_0 forma un ángulo θ_s con la vertical, siendo $I_{0(h)}$ su proyección sobre la misma. La normal a la superficie inclinada forma un ángulo con la vertical del lugar que llamaremos θ_n que es a su vez el ángulo que la superficie forma con el plano horizontal; la proyección de la radiación directa I_0 sobre la normal a la superficie es I_n . Hay que suponer que en el hemisferio Norte la superficie inclinada está orientada al Sur.

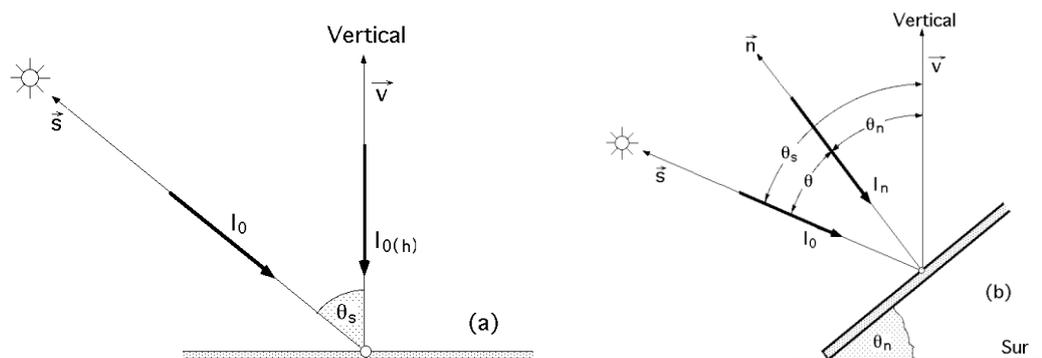


Figura 14. Radiación directa solar sobre superficies inclinadas
Fuente: solarweb.net

De acuerdo a la figura se tiene:

$$I_{O(h)} = I_0 \cos \theta_s \quad \text{ec.2.6}$$

$$I_n = I_0 \cos(\theta_s - \theta_n) = I \cos \theta_{s-n} \quad \text{ec.2.7}$$

La relación η_D entre la radiación directa sobre la superficie inclinada I_n y la de la superficie horizontal $I_{O(h)}$, viene dada en la siguiente forma:

$$\eta_D = \frac{I_n}{I_{O(h)}} = \frac{\cos \theta_{s-n}}{\cos \theta_s} = \frac{\text{sen} \delta \text{sen}(\lambda - \theta_n) + \cos \delta \cos(\lambda - \theta_n) \cos \tau}{\text{sen} \delta \text{sen} \lambda + \cos \delta \cos \lambda \cos \tau} \quad \text{ec.2.8}$$

$$= \frac{\cos \theta_s \cos \theta_n + \text{sen} \theta_s \text{sen} \theta_n}{\cos \theta_s} = \cos \theta_n + \text{sen} \theta_n \text{tg} \theta_s$$

2.6.2 COMPONENTE DIFUSA.

Si la componente difusa de la radiación solar se extiende uniformemente por el cielo (nubosidad uniforme, días de bruma,...), resulta que la radiación difusa sobre una superficie inclinada va a depender de la parte de cielo que se vea desde esta superficie. Si además se supone que las propiedades del suelo y demás superficies vistas desde ella reflejan la radiación solar, constituyen una nueva fuente de radiación difusa (albedo), equivalente a la del cielo, por lo que la superficie inclinada recibirá la misma radiación difusa, sin que influya su orientación, por lo que el factor de corrección de la radiación difusa será siempre la unidad.

En estas condiciones, para determinar la radiación difusa recibida sobre la superficie inclinada un ángulo θ_n con el cielo cubierto uniformemente, éste se

puede representar por un plano horizontal indefinido A1 que radia difusamente sobre el plano oblicuo de inclinación que contiene a la superficie

Sobre el plano A1 se elige un origen de coordenadas O y direcciones (x,y); este plano se puede descomponer en una serie de bandas difusoras rectangulares uniformes e iguales, de anchura dx, y se va a determinar la influencia que cada una de ellas ejerce sobre una porción del plano horizontal que contiene a la superficie A2 distante **a** del plano A1, suponiendo que los puntos de referencia A y O están en la misma vertical. La banda considerada se descompone en franjas infinitesimales de anchura dy; si consideramos la franja situada en B de superficie dA1, de ordenada **y** y distancia (BA) = r, la radiación difusa que llega a A2 procedente de dA1 es:

$$dI_{dif(dA_1 \rightarrow A_2)} = \frac{\cos\varphi_1 \cos\varphi_2 A_2 dA_1}{r^2} = \left| \begin{array}{l} \varphi_1 = \varphi_2 \\ r^2 = a^2 + y^2; dA_1 = dx dy \end{array} \right| \quad \text{ec.2.9}$$

$$= \frac{\cos^2\varphi dx dy A_2}{a^2 + y^2}$$

y la que envía la banda de anchura dx y que llega a A2 es:

$$dI_{dif(dx \rightarrow A_2)} = \int \frac{\cos^2\varphi dx A_2}{a^2 + y^2} dy = \left| \begin{array}{l} \operatorname{tg}\varphi = \frac{y}{a} \\ dy = \frac{a d\varphi}{\cos^2\varphi} \end{array} \right| = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{a dx A_2}{a^2 (1 + \operatorname{tg}^2\varphi)} d\varphi = \frac{\pi A_2}{2a} dx \quad \text{ec.2.10}$$

Si a continuación se supone que los puntos O y A no están en la misma vertical, la radiación difusa que envía la banda de anchura dx y que llega a A2 es:

$$dI_{dif(dx-A_2)} = \frac{\pi A_2}{2r} \cos^2 \varphi dx \quad \text{ec.2.11}$$

2.6.3 COMPONENTE DE ALBEDO

Haciendo consideraciones semejantes a las de la radiación difusa, se puede suponer que el plano A_2 recoge también la radiación reflejada por el suelo, ya que la superficie inclinada ve una porción del mismo o de sus alrededores, y si el coeficiente de reflexión para la radiación difusa en ese entorno es

ρ , la radiación reflejada por el suelo sobre la superficie inclinada, procedente del total de la radiación solar, será la radiación global $(I_0 + H_{difusa})_h$ sobre el plano horizontal, multiplicada por el albedo del suelo:

$$I_{albedo(suelo-A_2)} = (I_0 + I_{difusa})_h \frac{1 - \cos \theta_n}{2} \rho \quad \text{ec.2.12}$$

en la que $\frac{1 - \cos \theta_n}{2}$ representa el albedo del suelo.

Las expresiones encontradas son teóricas porque la radiación difundida por el cielo no es isótropa, ya que varía con la altura del Sol. Si la turbidez de la atmósfera es grande, el máximo de radiación difusa se nota en las proximidades del Sol.

En las proximidades del mar hay que tener en cuenta la reflexión sobre la superficie del agua. La radiación solar no se absorbe por completo por el suelo, en el que los diferentes colores indican reflexiones selectivas y

difusas. La fracción de radiación absorbida varía con la longitud de onda; en una pradera es de 0,94 para $\lambda > 0,55 \mu\text{m}$ y de 0,78 para $\lambda < 0,55 \mu\text{m}$.

El albedo es la fracción de energía incidente difundida por un cuerpo luminoso.

- Para un cuerpo negro el albedo es 0
- Para la nieve fresca vale 0,9
- Para la nieve vieja vale 0,6
- Para suelo cubierto de nieve 0,7
- Para el suelo sin nieve vale 0,2
- Para el suelo mojado vale 0,17
- Para el suelo limpio varía entre 0,15 y 0,25
- Para una pradera varía entre 0,25 y 0,75
- Para césped o hierba verde vale 0,26
- Para el suelo cubierto de hojas vale 0,3
- Para el mar vale 0,05 en verano y 0,1 en invierno.

2.6.4 COMPONENTE TOTAL

La radiación total sobre una superficie inclinada que incluye el albedo, es:

$$\begin{aligned}
 I_{T(i)} &= I_{O(i)} + I_{dif(h)} + I_{albedo} = I_{O(h)}\eta_D + I_{dif(h)} + I_{albedo} \\
 &= I_{O(h)}\eta_D + I_{dif(h)} \frac{1 + \cos\theta_n}{2} + I_{O(i)} + I_{dif(h)} \frac{1 - \cos\theta_n}{2} \rho
 \end{aligned}
 \tag{ec.2.13}$$

El factor eficaz de energía solar en la superficie inclinada respecto a la total horizontal, en la forma:

$$\eta_{eficaz} = \frac{I_{O(h)}}{I_{T(h)}} \eta_D + \frac{I_{dif(h)}}{I_{T(h)}} \frac{1 + \cos\theta_n}{2} + \frac{1 - \cos\theta_n}{2} \rho
 \tag{ec.2.14}$$

A medida que aumenta θ_n , el sumando del albedo se va haciendo más importante. Ninguna de estas aproximaciones es muy satisfactoria; un colector solar proporciona la fracción mayor de su aportación total de energía durante los períodos de tiempo de mayor radiación, argumento que resulta válido cuando se trabaja con colectores funcionando a temperaturas elevadas, estando previsto que no se produzca una captación útil de energía durante los largos períodos de nubosidad.

Para una nubosidad media, la redifusión es del orden del 10% y la radiación total teórica aumenta otro tanto.

2.6.5 RADIACIÓN TOTAL SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL.

Se consideró ya la radiación en superficies inclinadas ahora se puede ver algunas expresiones empíricas que van a permitir evaluar la radiación total en una superficie horizontal las cuales se observan a continuación:

- Radiación global máxima para cielo muy limpio

- $I_{T(h)max} = 1130(\cos\theta_s)^{1,15}$

ec.2.15

- Radiación global mínima para zona industrial

- $I_{T(h)min} = 995(\cos\theta_s)^{1,25}$

ec.2.16

- Radiación global media

- $I_{T(h)med} = 1080(\cos\theta_s)^{1,22}$

ec.2.17

La relación Radiación difusa sobre radiación total es muy sensible al coeficiente σ de turbidez mostrado en la figura No 2.16.

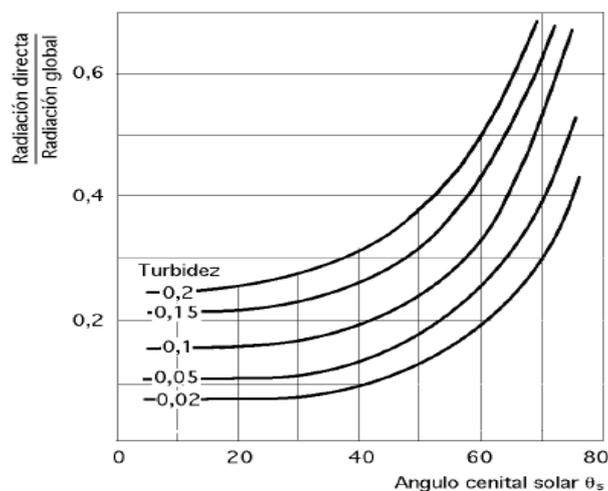


Figura 15. Variación de la relación (Radiación directa/Radiación global) recibida por una superficie horizontal en función del ángulo cenital solar, para diversos valores de la turbidez atmosférica

Fuente: <http://antusol.webcindario.com>

Se puede admitir un reparto energético sinodal de la radiación total en función del tiempo. Si la radiación energética máxima al mediodía es $I_{T(\max)}$, Δt es la duración del día y t es el tiempo, la energía recibida sobre una superficie a lo largo del día es:

$$H_{dia} = I_{T(\max)} \int_0^{\Delta t} \text{sen} \frac{\pi t}{\Delta t} dt = \frac{2}{\pi} I_{T(\max)} \Delta t \quad \text{ec.2.18}$$

2.7 BIOMASA

Por biomasa se entiende el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. Aunque los residuos puedan provenir de cualquier actividad, desde el punto de vista de su posible utilización industrial, los más importantes son los que provienen de la biomasa, es decir, lo que actualmente se denomina biomasa residual o residuos de origen vital, por cuanto que son renovables, es decir, que son generados año tras año. Esta "biomasa" no es más que materia orgánica no fósil, en la que la radiación solar ha reducido el hidrógeno y el carbono mediante el proceso básico de la fotosíntesis, permitiendo así que pueda tener un aprovechamiento de tipo químico-industrial y, sobre todo, energético. Esta biomasa, debido a los procesos de conversión a que se ve sometida, origina residuos, considerados así porque en el contexto en que son generados no tienen valor económico alguno. Incluso es de señalar que la mayor parte de estos residuos no sólo no se aprovechan, sino que además afectan negativamente al Medio Ambiente. Las energías renovables representan un pequeño

porcentaje del consumo de energía primaria.

2.7.1 TIPOS DE BIOMASA UTILIZADOS EN LA ZONA SIERRA.

El Ecuador es un país de naturaleza agrícola, donde se puede encontrar grandes y plantaciones de Plátano (en todas sus variedades), Palma Africana (Palma Aceitera), Caña de Azúcar, Cacao, Arroz, Maíz, entre otros.

Cuando estos productos entran en su fase de cosecha, se separa gran parte de la planta de los frutos y posteriormente las agroindustrias se encargan de hacer una separación definitiva antes de entrar a la producción final. Esta separación genera importantes cantidades de desechos orgánicos que constituyen biomasa residual que puede ser aprovechable con fines energéticos.

Actualmente en el Ecuador, el bagazo de la caña de azúcar es el único tipo de biomasa que se utiliza para generar electricidad. Sin embargo existe gran cantidad de desechos que pueden ser utilizados para la generación de energía, ya sea por medio de calderos de combustión para generar vapor o a través de pirolisis.

En el país, el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca ha realizado un levantamiento detallado de los diferentes cultivos a lo largo y ancho del territorio nacional. Esta base de datos contiene información de producción por hectárea en cada sitio con lo cual se puede determinar los

sitios de mayor y menor producción. Se cuenta con cifras sobre biomasa residual de los diferentes cultivos y de bosques.

Con base a esta información, la CIE ha efectuado levantamiento de información adicionales y complementarios para generar reportes como inventarios de biomasa en las provincias de Los Ríos, El Oro y Pichincha que ya cuentan hoy en día con un inventario de biomasa, que proporciona cifras reales sobre biomasa existente en cada una de estas provincias, los diferentes cultivos, la cantidad de residuos, propiedades físico-químicas de los residuos, etc.

Por otra parte, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable ha efectuado análisis de diversos productos procedentes de biomasa, tales como aceite de piñón, biodiesel de palma, y oleína de palma. Los resultados de estos análisis pueden ser descargados de la página Web del citado Ministerio.

En la región sierra una de las principales fuentes de biomasa es la agricultura y el agro ya que se utiliza muy comúnmente la tusa como combustible que posee buen poder calórico. Otro tipo de biomasa utilizada es la biomasa arbórea, ya que por generaciones la leña ha ayudado a dotar de fuentes energéticas térmicas a los campesinos y comuneros de la región.

De hecho Ecuador no cuenta con un mapa energético de biomasa, sin embargo existe información muy valiosa que puede servir como referencia para conocer el potencial energético de biomasa de nuestro país. El

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca a través de su filial SIGAGRO ha realizado un levantamiento detallado de los diferentes cultivos a lo largo y ancho del territorio nacional. Esta base de datos contiene información de producción por hectárea en cada sitio con lo cual se puede determinar los sitios de mayor y menor producción. Se cuenta con cifras sobre biomasa residual de los diferentes cultivos y de los bosques. Con la información disponible se tiene una gran guía para poder elaborar a futuro un mapa o atlas energético de biomasa en el Ecuador.

2.7.2 UTILIZACIÓN EFICIENTE DE LA BIOMASA

En el Ecuador la proporción de biomasa (leña más residuos vegetales) fluctúa entre 5 y 6% del total de las fuentes primarias de energía. El componente leña, usado en nivel doméstico, desciende gradualmente, mientras que el bagazo aumenta lentamente con el tiempo.

Los datos generados por las agencias especializadas en Ecuador son estimaciones basadas en la demanda y no en la oferta. Para el bagazo, su producción depende de la cosecha y niveles de producción de caña de azúcar. El uso de leña (principalmente en el sector doméstico rural) Estudio "Energy Pricing, Poverty and Social Mitigation", 1994, ESMAP/Banco Mundial, Report. No. 12.831-EC. Las encuestas del Banco Mundial e Instituto de Energía establecen que el uso de leña como combustible es mayoritariamente de arbustos, ramas y de residuos de troncos cortados para

industrias madereras. No es por tanto práctica extender la tala de árboles con fines exclusivamente energéticos.

Y el uso eficiente de este recurso radica en obtener la mayor cantidad de energía posible de cada tipo de biomasa existente en la región a ser estudiada, es así que unos de los subproductos son el alcohol, biodiesel, electricidad etc. maximizando el valor de las plantas de producción y minorando los residuos, esto como principio básico del mejoramiento continuo.

Los diferentes tipos de transformación en el uso eficiente de la biomasa se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla No 3. Tipos de Transformación – Utilización de la Biomasa

Fuente:Propia

GENERACIÓN	EQUIPO	PROCESO INTERMEDIO	TRANSFORMACIÓN PRIMARIA
Vapor	Caldero	Hogar de Biomasa	Pre-procesamiento: leña, cascaras, etc.
Calor	Horno	Hogar de Biomasa	Pre-procesamiento: leña, cascaras, etc.
Fuerza Motriz	Motor-Máquina	Combustión de: alcohol – biodiesel – biogás – gas pobre	Transformación de biocombustibles
Electricidad	Central	Combustión de: alcohol – biodiesel – biogás – gas pobre	Transformación de biocombustibles

Para obtener los diferentes tipos de transformación se utiliza en cambio las siguientes tecnologías en donde también se hace énfasis en ventajas y

desventajas que se tienen al utilizar los mismos. Un resumen se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla No 4. Tecnología y Aspectos ambientales de la Biomasa

Fuente: Propia

TECNOLOGÍA	NIVEL DE CONTAMINACIÓN	VENTAJAS COMPARATIVAS	FABRICACIÓN
Digestión anaeróbica	Metano producido debe quemarse	Elimina metano de estiércol y plantaciones agrícolas. Sustituye otras fuentes térmicas contaminantes Residuo no tiene olor Residuo puede usarse como fertilizante	Tecnología simple puede fabricarse localmente Amplio mercado
Gasificación	Monóxido de carbono, gases de azufre. Pueden eliminarse en un convertidor catalítico Mínima cantidad de CO ₂	Produce hidrógeno Alta eficiencia	En fase de desarrollo comercial. Grandes posibilidades para aprovechamiento en el futuro.
Biocombustibles Etanol Biodiesel	CO ₂ neutro. No contaminante en caso de derrames.	Como sustitución de combustibles fósiles, total o parcial. Generador de empleo. Asegura precio de venta del aceite.	Se aprovecha infraestructura existente de industria azucarera y de palma africana.
Quema directa	Ceniza CO ₂ neutro Otros gases	Quema eficiente.	Tradicional.

2.7.3 ÍNDICES DE CONSUMO DE BIOMASA

Sector industrial

La producción de vapor representa un consumo intensivo de energía y emplea principalmente bagazo, diesel y fuel oíl donde el bagazo cubre más del 63% de la demanda energética para la producción de vapor, en la industria azucarera la baja eficiencia de esta fuente energética se traduce en la quema de considerables volúmenes de su producto; su contribución energética es importante por ser una fuente de energía renovable que reduce la demanda de hidrocarburos en el sector.

Se ha cuantificado que existe un consumo mínimo de leña para la producción de calor de aproximadamente 71.000 TEPs.

Sector residencial

La distribución del consumo energético en este sector es de 1.622 KTEP/1994, el 62,6% corresponde a la energía utilizada en la zona rural, esto se explica por el tipo de fuente que se emplea, lo que tiene directa relación con la eficiencia de conversión energética, es decir, debido al bajo rendimiento de las fuentes energéticas tradicionales el consumo final energético del sector rural es mayor que el sector urbano.

El uso energético con mayor porcentaje de la biomasa en los hogares es para cocción de alimentos en el sector rural, seguido por el calentamiento de agua. Cabe destacar que a pesar de la alta tasa de penetración de

energéticos como el GLP, una gran proporción de hogares (más del 77% en el área rural y del 11% en la urbana) continúan empleando la leña y otras formas de biomasa como fuente de energía.

CAPITULO 3

3 REALIZACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA SOLAR Y DE BIOMASA EN EL POBLADO DE EL CORAZÓN, EL BARRIO Y EL CARMEN.

El estudio del problema del aseguramiento energético de las áreas remotas de Ecuador, requiere de investigación de campo de acuerdo a sus recursos fundamentales (intensidad de la radiación solar), cantidad de biomasa consumida, así como a su ubicación, densidad poblacional, área cultivada, etc.; para buscar modelos matemáticos de posibles soluciones a las demandas energéticas de los poblados en las zonas rurales del Ecuador.

El presente estudio se realizó en los poblados El Corazón en la parroquia de Alog, el Barrio y el Carmen en la parroquia de Pintag, de la provincia de Pichincha región sierra del Ecuador. Los poblados han sido seleccionados por sus características similares, por la cercanía, ubicación, y además cumple con todos los requerimientos geográficos necesarios para el análisis de un poblado típico serrano ecuatoriano.

Las opciones de solución se relacionan con el uso de los estudios citados anteriormente, para posteriormente generar modelos de oferta energética utilizando una efectiva planificación que coadyuve al mejoramiento de la calidad de vida y mejor aprovechamiento de los recursos energéticos de las comunidades, lo cual hace necesario la creación de una curva de oferta -

demanda energética para el esclarecimiento de los parámetros óptimos energéticos, de acuerdo a los diferentes tipos de materiales utilizados para generar energía para satisfacer las distintas necesidades de la comunidad de la región. Los datos de radiación directa son los tomados por el radiómetro y esos se encuentran en anexos.

3.1 ANÁLISIS DE RADIACIÓN DIFUSA.

Los poblados estudiados se encuentran entre las latitudes $0,43333$ ($0^{\circ} 25' 58,8''$) y $0,48333$ ($0^{\circ} 25' 59,9''$), se puede observar que no difieren sino en solo en segundos de posición, y tomando en cuenta que el microclima es similar ya que es campo serrano además de que la irradiancia en su paso por la atmosfera es atenuada una parte por dispersión y otra por absorción, debido a la contaminación, que en el caso de mediciones realizadas no influyen se obtuvieron los siguientes datos de radiación difusa, promedio en los poblados estudiados en el lapso de una semana entre el 26 y 30 de marzo del 2012 y en los meses de octubre, Noviembre y Diciembre del 2012, hasta mediados del mes de enero 2013, mismos que se presentan en la tabla 3.1, como un resumen, al decir que corresponden al mismo microclima se pudo observar que la temperatura, nubosidad y humedad eran similares en los tres poblados estudiados, a continuación se muestra las figuras satelitales con las latitudes existentes entre los poblados:

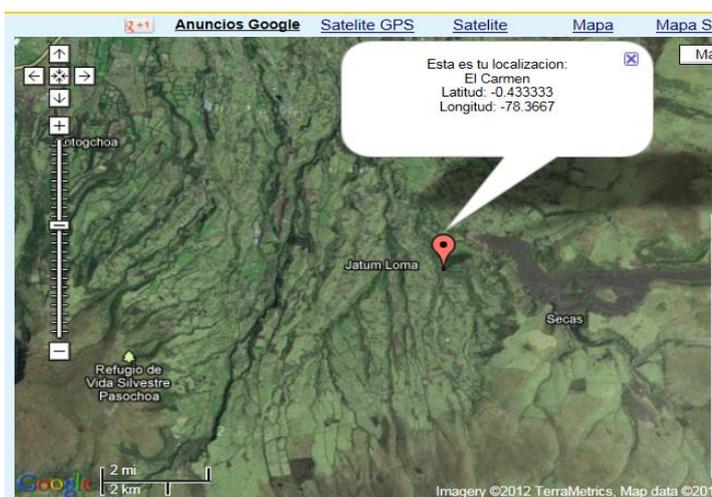
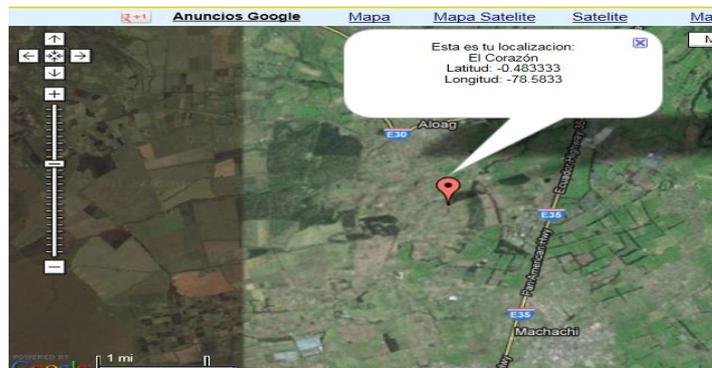


Figura 16. Ubicación Geográfica de los Poblados El Carmen y el Barrio
Fuente: maps.google.com.ec

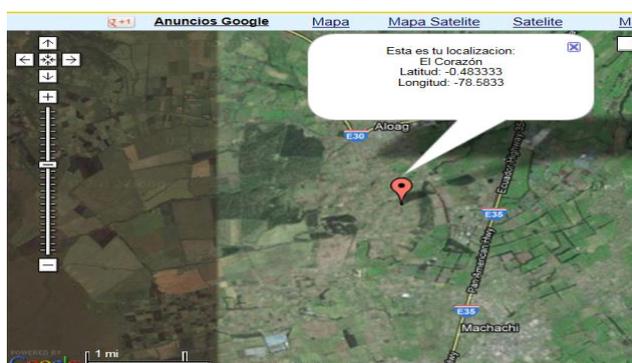


Figura 17. Ubicación Geográfica del Poblados El Corazón
Fuente: maps.google.com.ec

Tabla No 5. Datos Poblados de El Carmen y el Barrio (mes de Marzo)
Fuente: Propia

Hora	Promedio de temperatura	Promedio de humedad	Promedio de velocidad del aire	Radiación difusa promedio
Tiempo	°C	%	m/s	W/m ²
08h10	15,10	29.00	0,70	135,30
08h20	15,15	28.00	0,85	135,50
08h30	15,10	26.00	1,02	140,60
08h40	15,10	28.00	0,94	140,20
08h50	15,10	29.00	1,00	135,40
09h00	15,15	30.00	0,15	135,70
09h10	15,10	24.00	0,67	143,40
09h20	15,30	24.00	0,86	149,30
09h30	15,30	28.00	1,12	145,20
09h40	15,50	31.00	1,36	145,90
09h50	16,00	29.00	1,11	149,70
10h00	16,00	27.00	1,57	155,20
10h10	16,00	27.00	1,78	155,10
10h20	16,20	29.00	1,36	153,80
10h30	16,20	29.00	1,48	153,90
10h40	16,30	25.00	3,05	156,50
10h50	16,20	29.00	3,29	158,90
11h00	16,50	30.00	3,55	155,30
11h10	16,50	29.00	3,15	155,60
11h20	16,70	28.00	3,14	160,70
11h30	16,70	29.00	3,91	160,10
11h40	16,60	29.00	4,05	165,20
11h50	16,60	29.00	3,55	155,60
12h00	16,80	29.00	4,51	160,40
12h10	17,00	31.00	3,91	160,30
12h20	17,00	30.00	2,18	167,90
12h30	17,30	28.00	2,78	170,80
12h40	17,80	29.00	3,58	167,10
12h50	17,80	31.00	2,64	167,40
13h00	18,00	32.00	4,11	170,50
13h10	18,20	28.00	3,57	163,20
13h20	17,90	27.00	3,28	150,90
13h30	17,90	25.00	3,71	150,10
13h40	17,70	29.00	3,07	146,30
13h50	17,90	28.00	2,84	150,40
14h00	17,80	27.00	2,61	150,10

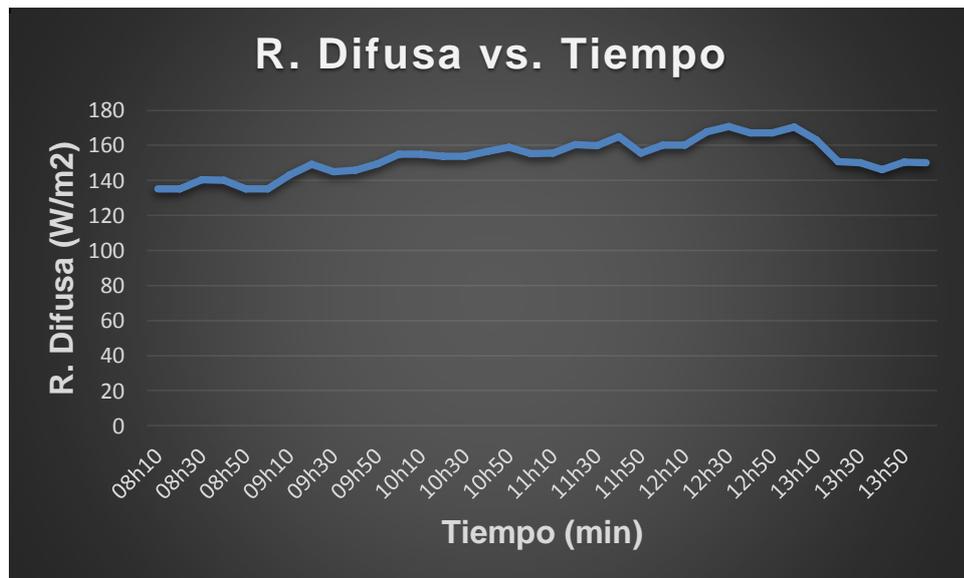


Gráfico No 1. Radiación difusa promedio en los poblados del Barrio y El Carmen (mes de Marzo)

Fuente: Propia

Tabla No 6. Datos Poblados de El Carmen y el Barrio (Mes Octubre)

Fuente: Propia

Hora	Promedio de temperatura	Promedio de humedad	Promedio de velocidad del aire	Radiación difusa promedio
Tiempo	°C	%	m/s	W/m ²
08h10	16,10	26,00	0,90	130,90
08h20	16,10	28,80	1,10	131,10
08h30	16,10	28,00	1,40	131,90
08h40	16,20	27,90	1,20	134,00
08h50	16,20	27,60	0,80	134,30
09h00	16,20	27,60	1,40	135,10
09h10	16,20	27,60	1,50	135,80
09h20	16,30	28,00	1,60	137,10
09h30	16,30	28,30	1,50	137,40
09h40	16,40	27,50	1,60	141,00
09h50	16,50	28,90	1,40	140,40
10h00	16,60	27,70	1,60	142,70
10h10	16,40	28,60	1,60	145,10
10h20	16,80	28,20	2,10	145,80
10h30	16,90	28,60	1,60	146,90
10h40	17,00	28,30	2,30	147,20
10h50	17,00	28,60	2,40	147,90
11h00	17,10	28,60	1,90	148,20
11h10	17,20	27,50	1,60	149,30
11h20	17,20	27,90	2,0	151,50
11h30	17,30	28,10	2,10	152,80
11h40	17,40	28,70	2,40	152,60
11h50	17,60	28,10	2,60	155,300
12h00	17,70	28,10	2,10	153,0
12h10	17,70	28,00	2,50	150,80
12h20	17,80	28,40	2,50	148,50
12h30	18,00	28,20	2,50	148,80
12h40	18,00	29,50	2,70	145,90
12h50	18,10	28,80	3,00	143,50
13h00	18,20	27,30	2,80	141,20
13h10	18,20	28,80	2,80	141,40
13h20	18,30	28,30	3,00	144,60
13h30	18,30	28,10	2,60	144,50
13h40	18,40	28,30	2,80	144,60
13h50	18,40	28,40	2,70	145,50
14h00	18,40	28,60	2,70	145,10

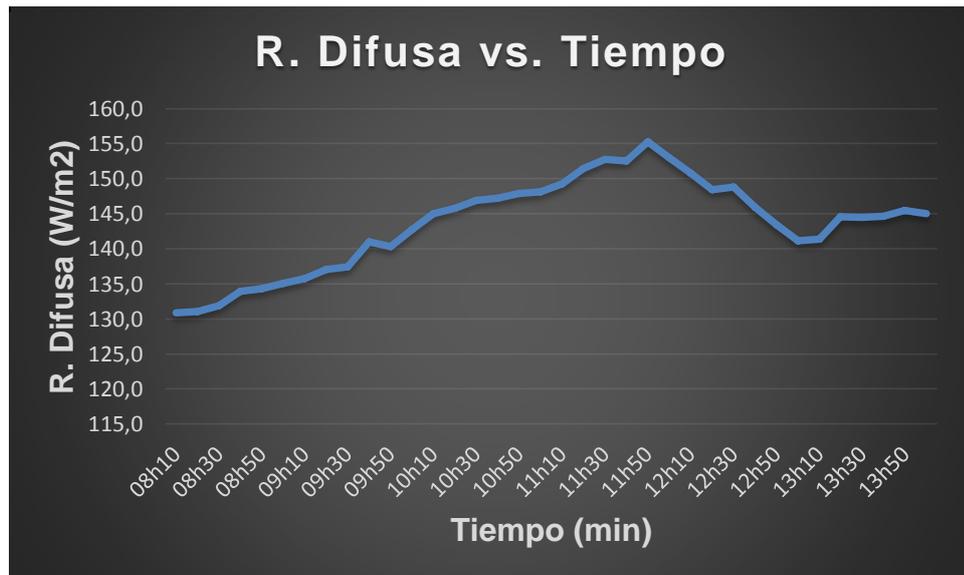


Gráfico No 2. Radiación difusa promedio en los poblados del barrio y El Carmen (Mes Octubre)

Fuente: Propia

Tabla No 7. Datos Poblados de El Carmen y el Barrio (Mes Noviembre)

Fuente: Propia

Hora	Temperatura	Humedad	Velocidad del aire	Radiación difusa
Tiempo	°C	%	m/s	W/m ²
08h10	17,00	28,40	0,90	53,00
08h20	17,70	29,60	1,10	52,90
08h30	18,40	28,60	1,40	53,40
08h40	19,10	28,70	1,20	54,10
08h50	19,90	29,20	1,40	54,70
09h00	20,20	29,60	1,40	53,60
09h10	21,40	28,70	1,40	54,90
09h20	21,00	28,90	1,70	55,50
09h30	21,30	28,60	1,90	56,30
09h40	21,40	29,20	2,00	56,30
09h50	21,80	29,20	2,10	57,40
10h00	21,90	29,30	2,00	57,60
10h10	21,10	28,30	2,20	58,60
10h20	22,10	29,10	2,20	58,70
10h30	22,40	29,10	2,50	59,00
10h40	22,50	28,60	2,30	59,80
10h50	22,90	28,70	2,60	60,40
11h00	23,00	28,90	2,70	60,20
11h10	23,40	29,40	2,90	60,60
11h20	23,40	29,50	3,00	60,80
11h30	23,90	29,10	3,10	61,40
11h40	23,90	29,20	2,90	61,00
11h50	24,20	28,50	2,90	60,40
12h00	24,30	28,70	3,00	61,00
12h10	24,20	28,60	2,90	61,90
12h20	24,30	28,40	2,80	62,10
12h30	24,50	28,60	2,80	62,60
12h40	24,60	29,00	2,90	61,10
12h50	25,20	28,80	2,60	59,80
13h00	25,20	28,60	2,80	59,90
13h10	25,50	29,00	2,90	59,20
13h20	25,70	28,40	2,80	59,40
13h30	26,10	28,40	2,90	59,30
13h40	26,30	28,70	2,80	58,70
13h50	26,40	29,40	2,70	59,50
14h00	26,60	29,40	2,80	58,80

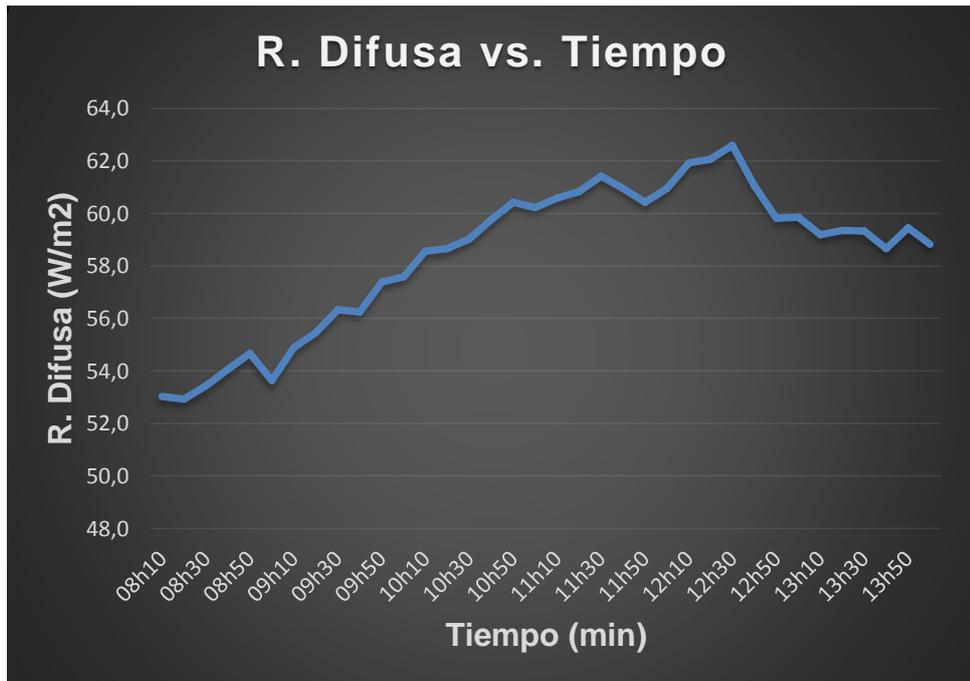


Gráfico No 3. Radiación difusa promedio en los poblados del barrio y El Carmen (Mes Noviembre)

Fuente: Propia

Tabla No 8. Datos Poblados de El Carmen y el Barrio (Mes Diciembre)

Fuente: Propia

Hora	Temperatura	Humedad	Velocidad del aire	Radiación difusa
Tiempo	°C	%	m/s	W/m ²
08h10	17,10	28,40	1,10	139,40
08h20	17,20	27,50	1,20	143,30
08h30	17,20	28,00	1,80	144,90
08h40	17,30	28,50	2,30	146,30
08h50	17,40	28,50	1,30	138,70
09h00	17,50	28,00	2,30	141,50
09h10	17,60	28,50	1,90	143,30
09h20	17,70	28,10	2,30	143,40
09h30	17,80	28,10	1,90	143,90
09h40	18,00	28,80	1,80	143,50
09h50	18,10	28,80	2,00	143,80
10h00	18,30	27,80	2,10	142,80
10h10	18,40	28,50	2,00	142,00
10h20	18,50	28,50	2,10	145,90
10h30	18,60	28,30	2,00	142,30
10h40	18,80	28,90	2,10	141,20
10h50	19,00	28,50	2,50	144,40
11h00	19,10	29,00	1,90	143,10
11h10	19,20	28,70	2,30	141,50
11h20	19,40	28,70	2,30	144,90
11h30	19,60	29,50	1,90	138,70
11h40	19,70	28,40	2,10	139,80
11h50	19,90	28,60	2,10	145,60
12h00	20,10	29,00	2,00	143,00
12h10	27,10	36,30	2,10	144,00
12h20	20,50	28,50	1,90	142,50
12h30	20,10	28,40	2,10	142,80
12h40	20,90	28,50	2,10	144,70
12h50	20,50	28,60	2,10	144,30
13h00	21,40	28,30	2,70	140,20
13h10	21,50	28,40	2,00	144,00
13h20	21,70	28,50	1,90	145,70
13h30	22,00	28,40	7,90	144,60
13h40	22,20	28,50	1,90	143,30
13h50	22,30	28,90	1,40	146,90
14h00	22,50	28,30	1,60	141,60

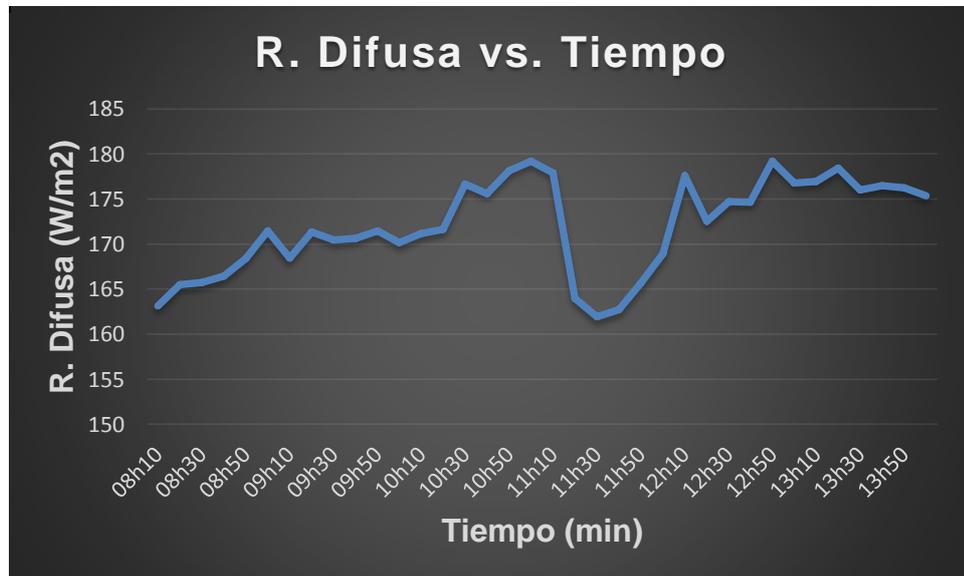


Gráfico No 4. Radiación difusa promedio en los poblados del Barrio y El Carmen (Mes Diciembre)

Fuente: Propia

Tabla No 9. Datos Poblados de El Carmen y el Barrio (Mes Enero)

Fuente: Propia

Hora	Temperatura	Humedad	Velocidad del aire	Radiación difusa
Tiempo	°C	%	m/s	W/m ²
08h10	19,40	28,80	1,60	68,90
08h20	19,60	28,00	2,10	67,80
08h30	19,70	28,70	2,10	71,60
08h40	19,90	28,10	2,50	68,20
08h50	20,20	28,10	1,90	68,80
09h00	20,40	28,20	2,50	70,70
09h10	20,70	28,10	2,70	69,60
09h20	20,70	28,20	2,30	70,20
09h30	21,10	28,50	2,70	67,30
09h40	21,30	27,80	2,70	72,10
09h50	21,30	28,00	2,90	68,00
10h00	21,70	28,00	2,50	69,20
10h10	21,90	28,50	2,60	69,70
10h20	22,10	29,00	2,70	70,50
10h30	22,40	28,20	2,60	67,40
10h40	21,90	28,90	3,10	69,60
10h50	22,90	27,90	2,20	68,20
11h00	23,10	28,70	2,50	72,20
11h10	23,40	29,20	2,90	68,90
11h20	23,60	29,10	2,70	68,30
11h30	22,80	28,70	3,00	69,30
11h40	24,10	28,60	2,40	67,30
11h50	24,40	28,30	2,50	69,30
12h00	24,50	28,80	3,00	69,20
12h10	24,80	29,00	2,70	68,50
12h20	25,00	28,30	2,90	69,50
12h30	25,40	26,80	2,60	67,60
12h40	25,70	29,50	3,10	69,20
12h50	26,00	29,10	2,80	68,50
13h00	25,60	28,20	2,80	68,50
13h10	26,70	28,50	2,80	71,90
13h20	27,20	29,20	2,40	69,20
13h30	27,60	26,10	2,60	67,80
13h40	28,10	28,40	2,30	69,8
13h50	28,50	28,50	2,50	71,5
14h00	29,00	27,90	1,60	68,20

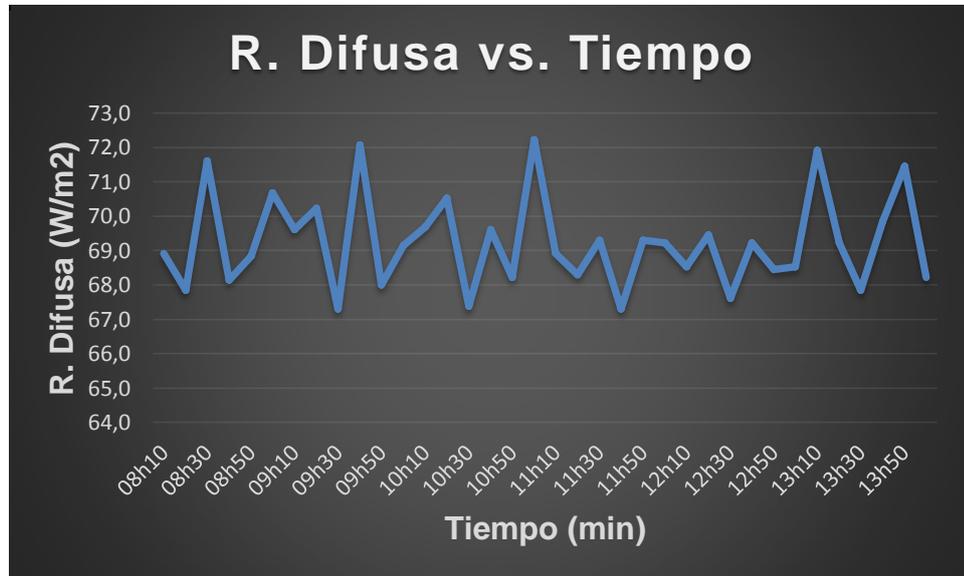


Gráfico No 5. Radiación difusa promedio en los poblados de El Barrio y El Carmen (Mes Enero)

Fuente: Propia

Tabla No 10. Datos Radiación difusa promedio en Corazón (Marzo)

Fuente: Propia

Hora	Promedio de temperatura	Promedio de humedad	Promedio de velocidad del aire	Radiación difusa promedio
Tiempo	°C	%	m/s	W/m ²
08h10	15,10	60.00	0,30	116,20
08h20	15,15	60.00	0,37	128,40
08h30	15,10	60.00	0,41	132,50
08h40	15,10	60.00	0,25	124,70
08h50	15,10	60.00	0,64	149,30
09h00	15,15	55.00	0,84	195,40
09h10	15,10	55.00	0,94	172,30
09h20	15,30	55.00	0,86	172,80
09h30	15,30	54.00	0,88	172,60
09h40	15,50	54.00	1,21	172,30
09h50	15,38	54.00	1,05	167,10
10h00	15,41	50.00	1,39	167,40
10h10	15,45	50.00	1,84	170,90
10h20	15,48	50.00	1,62	170,70
10h30	15,52	50.00	1,22	179,10
10h40	15,55	50.00	1,87	179,20
10h50	15,59	50.00	1,63	183,60
11h00	15,62	45.00	2,35	183,60
11h10	15,66	45.00	1,48	185,80
11h20	15,69	45.00	1,39	184,20
11h30	15,73	45.00	1,86	185,50
11h40	15,76	45.00	2,29	177,10
11h50	15,79	45.00	2,64	177,50
12h00	15,83	45.00	2,45	186,70
12h10	15,86	40.00	2,61	186,30
12h20	15,90	40.00	2,57	186,30
12h30	15,93	40.00	2,66	190,20
12h40	15,97	40.00	2,82	190,90
12h50	16,00	45.00	3,04	195,10
13h00	16,04	45.00	3,28	195,60
13h10	16,07	45.00	3,54	193,30
13h20	16,11	45.00	3,14	189,30
13h30	16,14	45.00	3,13	189,90
13h40	16,17	45.00	3,90	189,30
13h50	16,21	45.00	2,59	189,20
14h00	16,24	45.00	3,54	189,70

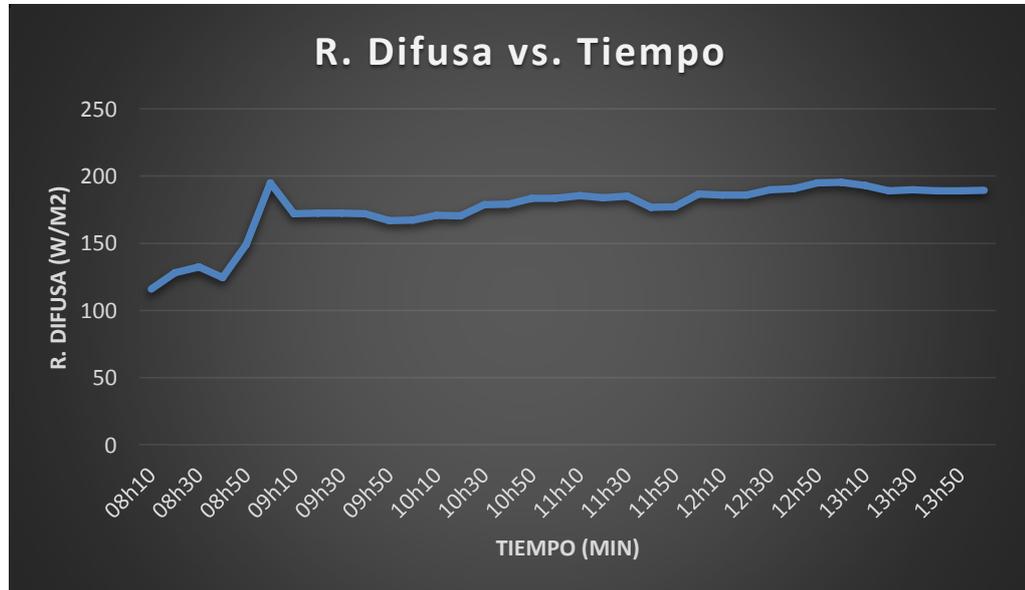


Gráfico No 6. Radiación difusa promedio en el Corazón (mes de Marzo).

Fuente: Propia

Tabla No 11. Datos Radiación Difusa promedio en el Corazón (Octubre)

Fuente: Propia

Hora	Temperatura	Humedad	Velocidad del aire	Radiación difusa
Tiempo	°C	%	m/s	W/m2
08h10	14,08	49,46	1,16	161,21
08h20	14,15	49,64	1,20	164,07
08h30	14,19	46,21	1,33	164,61
08h40	14,31	46,25	1,35	163,75
08h50	14,62	47,50	1,49	170,18
09h00	14,64	46,93	1,50	174,75
09h10	14,83	46,96	1,68	176,39
09h20	15,17	48,93	1,62	176,00
09h30	15,16	49,46	1,71	176,61
09h40	15,23	49,61	1,76	178,21
09h50	15,13	45,36	1,99	177,82
10h00	15,18	46,61	1,93	178,86
10h10	15,31	46,07	2,25	179,50
10h20	15,45	46,07	2,06	181,79
10h30	15,68	46,07	2,51	181,93
10h40	15,68	43,18	2,42	180,21
10h50	15,77	42,68	2,02	180,43
11h00	16,23	45,36	2,22	180,71
11h10	16,15	49,11	1,41	180,39
11h20	16,18	49,11	1,73	180,36
11h30	16,14	40,89	1,95	176,82
11h40	16,39	41,21	2,10	175,75
11h50	16,33	43,39	2,83	176,36
12h00	16,35	43,39	2,43	176,96
12h10	16,52	43,57	2,51	176,89
12h20	16,63	45,71	2,14	171,18
12h30	16,81	45,89	2,75	170,86
12h40	16,87	46,07	1,90	172,14
12h50	16,71	41,61	3,10	176,50
13h00	16,68	43,93	3,12	177,04
13h10	16,76	45,18	3,26	177,29
13h20	16,97	45,00	3,03	175,96
13h30	16,77	45,00	3,34	175,39
13h40	16,91	43,75	2,77	176,39
13h50	16,76	43,39	2,87	178,00
14h00	16,78	45,89	3,02	177,50

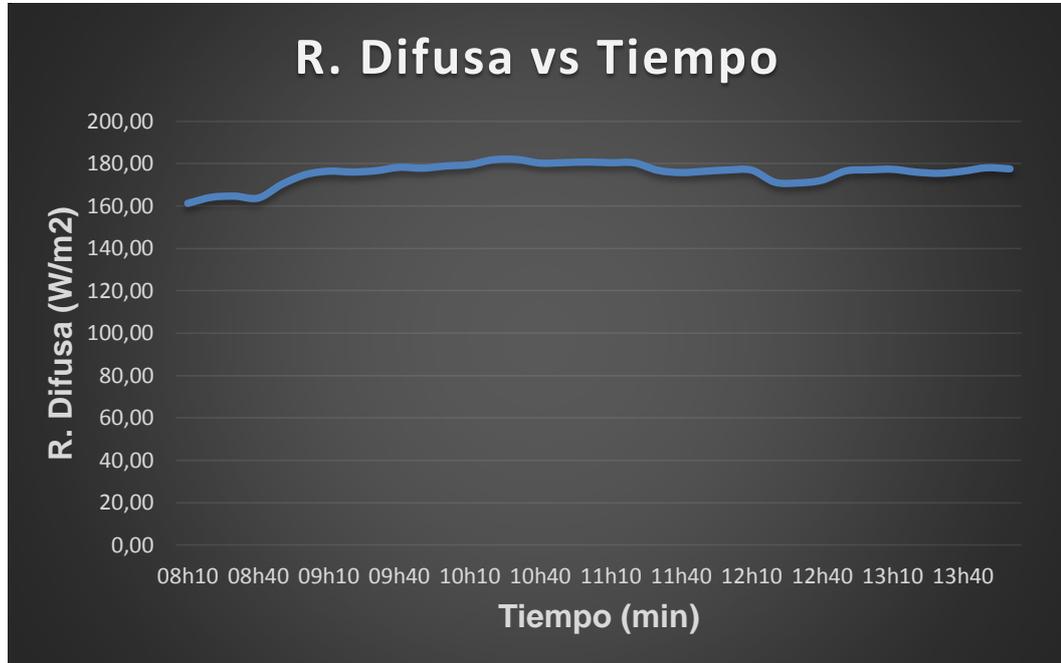


Gráfico No 7. Radiación difusa promedio en el Corazón (Mes Octubre)

Fuente: Propia

Tabla No 12. Corazón (Mes Noviembre)

Fuente: Propia

Hora	Temperatura	Humedad	Velocidad del aire	Radiación difusa
Tiempo	°C	%	m/s	W/m2
08h10	15,07	57,50	1,61	168,80
08h20	15,22	57,43	1,44	167,70
08h30	15,26	56,00	1,45	172,80
08h40	15,24	54,54	1,55	169,20
08h50	15,37	54,82	1,82	169,00
09h00	15,53	52,29	1,31	171,50
09h10	15,71	52,11	1,36	166,90
09h20	15,90	52,50	1,33	168,60
09h30	15,92	52,93	1,32	168,00
09h40	15,50	53,93	1,45	166,20
09h50	15,45	52,29	1,37	170,20
10h00	15,54	50,50	1,58	161,70
10h10	15,61	50,64	1,82	165,90
10h20	15,68	50,46	1,52	163,10
10h30	15,68	50,46	1,41	172,50
10h40	15,70	49,82	1,90	177,80
10h50	15,72	49,79	1,63	180,70
11h00	15,95	47,29	1,26	181,70
11h10	16,03	47,64	1,18	180,50
11h20	16,09	48,32	1,34	143,20
11h30	16,23	47,39	1,48	150,60
11h40	16,33	47,39	1,35	152,20
11h50	15,95	46,75	2,52	147,10
12h00	15,75	50,00	2,40	158,60
12h10	15,88	50,21	2,42	180,40
12h20	16,06	50,21	2,44	179,10
12h30	16,24	50,11	2,50	180,00
12h40	16,23	50,36	2,53	181,40
12h50	16,39	50,18	2,36	184,60
13h00	16,43	47,25	1,84	185,20
13h10	16,48	46,57	1,79	186,40
13h20	16,61	55,29	2,19	183,50
13h30	16,54	55,00	2,35	185,10
13h40	16,61	51,43	2,37	185,60
13h50	16,61	45,32	2,24	185,50
14h00	16,67	45,36	2,74	185,80

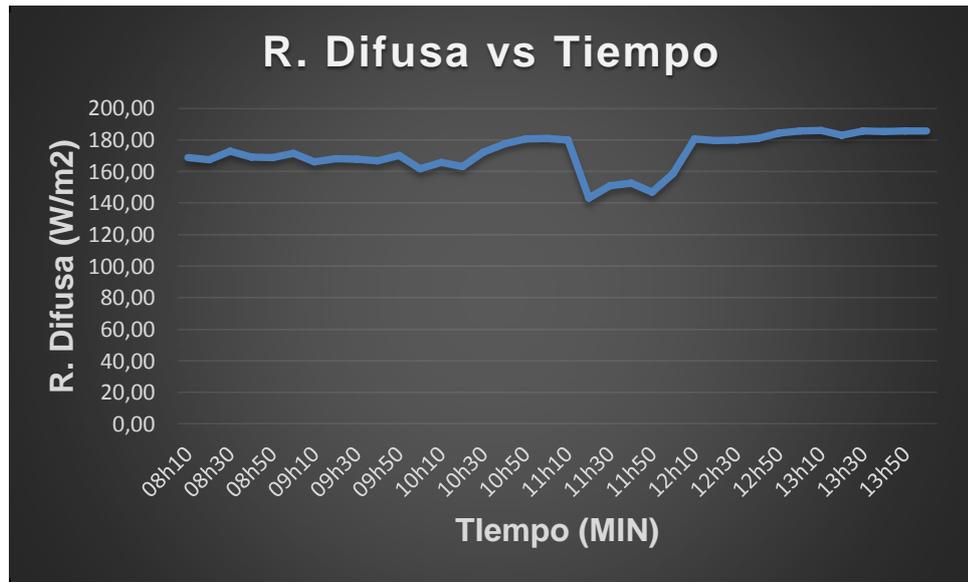


Gráfico No 8. Radiación difusa promedio en el Corazón (Mes Noviembre)

Fuente: Propia

Tabla No 13. Radiación difusa promedio en el Corazón (Mes Diciembre)

Fuente: Propia

Hora	Temperatura	Humedad	Velocidad del aire	Radiación difusa
Tiempo	°C	%	m/s	W/m2
08h10	14,74	53,04	1,49	163,10
08h20	14,85	53,18	1,39	165,50
08h30	14,91	49,89	1,41	165,70
08h40	14,91	49,39	1,49	166,40
08h50	15,10	50,71	1,78	168,30
09h00	15,24	49,07	1,49	171,40
09h10	15,43	49,29	1,62	168,40
09h20	15,69	51,43	1,49	171,30
09h30	15,66	51,89	1,60	170,50
09h40	15,63	52,00	1,59	170,40
09h50	15,54	47,61	1,63	171,50
10h00	15,58	47,68	1,72	170,80
10h10	15,65	47,82	1,99	171,10
10h20	15,74	48,18	1,80	171,60
10h30	15,74	48,18	2,11	176,60
10h40	15,75	46,79	2,21	175,60
10h50	15,84	46,21	1,89	178,40
11h00	16,11	46,25	1,87	179,10
11h10	16,12	48,93	1,30	177,30
11h20	16,16	48,86	1,59	164,00
11h30	16,09	43,71	1,77	161,60
11h40	16,27	44,57	1,82	162,50
11h50	16,16	45,89	2,67	165,80
12h00	16,08	46,96	2,41	168,30
12h10	16,27	46,68	2,46	177,40
12h20	16,43	48,00	2,20	172,40
12h30	16,59	48,00	2,68	174,70
12h40	16,55	48,04	2,17	174,60
12h50	16,52	45,14	2,82	179,20
13h00	16,53	45,86	2,56	176,80
13h10	16,69	46,79	2,71	176,90
13h20	16,92	48,93	2,69	178,40
13h30	16,75	47,96	2,78	176,00
13h40	16,86	46,36	2,51	176,00
13h50	16,79	44,57	2,56	176,50
14h00	16,77	46,39	2,74	175,60

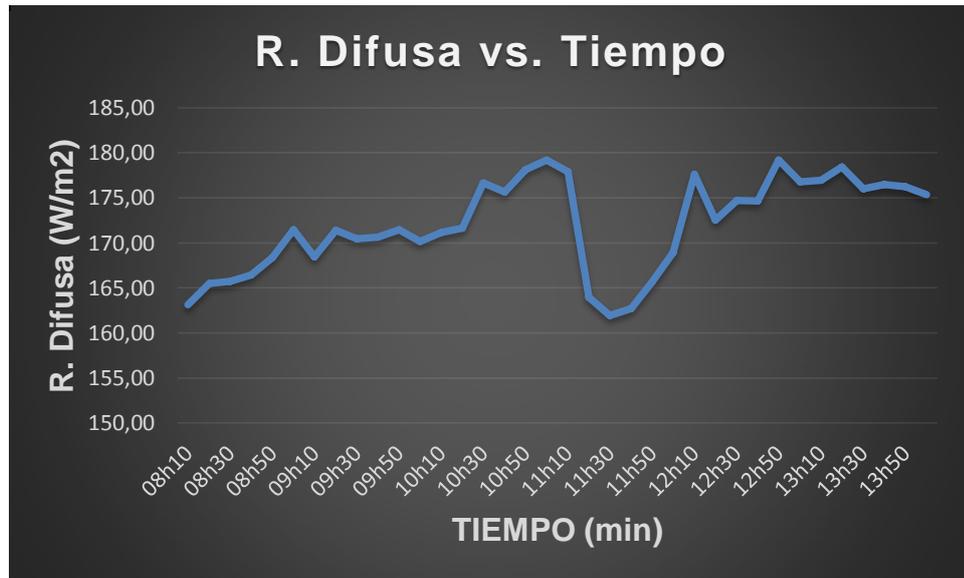


Gráfico No 9. Radiación difusa promedio en el Corazón (Mes Diciembre)

Fuente: Propia

Tabla No 14. Corazón (Mes Enero)

Fuente: Propia

Hora	Temperatura	Humedad	Velocidad del aire	Radiación difusa
Tiempo	°C	%	m/s	W/m2
08h10	13,53	51,25	1,85	173,70
08h20	13,76	51,25	1,72	176,70
08h30	13,64	51,25	1,83	178,20
08h40	13,72	50,11	1,93	167,50
08h50	14,30	49,82	2,08	168,70
09h00	14,34	48,04	1,48	171,00
09h10	14,48	48,39	1,66	170,60
09h20	14,58	48,04	1,69	174,50
09h30	14,70	48,39	1,69	174,40
09h40	14,36	48,25	2,08	173,50
09h50	14,25	49,50	1,95	173,60
10h00	14,48	48,21	1,98	169,40
10h10	14,81	48,21	2,26	174,70
10h20	14,79	48,93	2,07	171,60
10h30	15,31	48,93	2,04	177,40
10h40	15,33	47,68	2,36	181,70
10h50	15,65	47,25	2,02	183,70
11h00	16,02	45,64	1,73	182,70
11h10	16,11	46,61	1,72	181,50
11h20	16,16	47,32	1,63	154,80
11h30	16,31	44,82	1,88	160,20
11h40	16,68	45,89	1,90	162,20
11h50	16,42	45,46	2,61	163,40
12h00	16,36	46,96	2,66	167,30
12h10	16,49	46,82	2,56	181,10
12h20	16,37	48,50	2,67	174,60
12h30	16,77	48,93	2,67	176,30
12h40	17,01	48,93	2,55	179,70
12h50	16,75	48,50	2,67	183,90
13h00	16,85	45,64	2,45	184,40
13h10	16,40	48,93	2,34	183,60
13h20	16,31	53,57	2,64	179,10
13h30	16,58	52,14	2,54	181,00
13h40	16,93	50,64	2,35	180,90
13h50	16,69	48,79	2,60	178,30
14h00	16,67	48,14	2,71	178,30

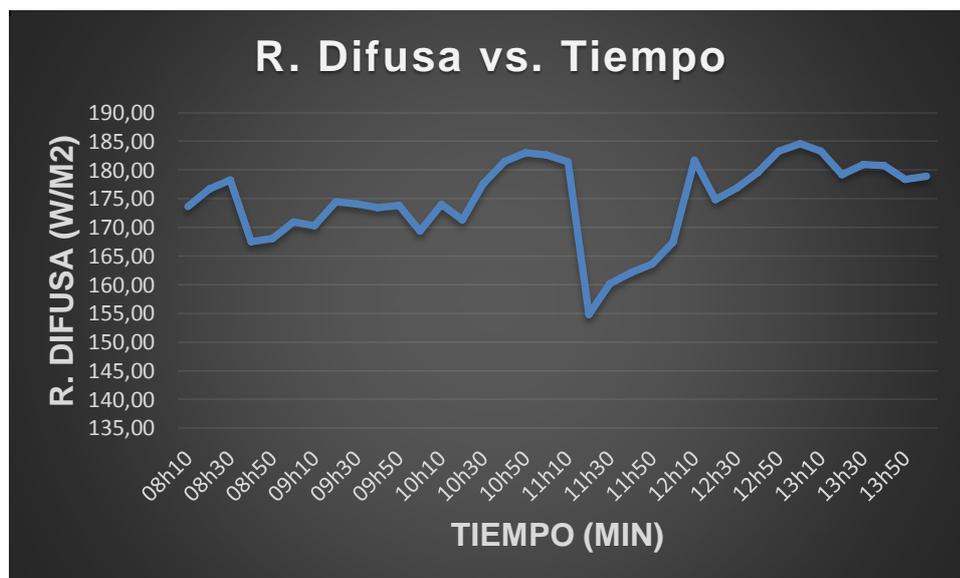


Gráfico No 10. Radiación difusa promedio en el Corazón (Mes Enero)

Fuente: Propia

Se puede observar que la radiación difusa en los poblados es relativamente baja ya que por la época del año en el país el mes de marzo, octubre, noviembre, diciembre y enero, corresponde a la lluviosa donde se encuentra alta nubosidad, la misma que va a afectar directamente con este tipo de radiación además de la radiación directa. En los gráficos 3.1 a 3.10 se puede observar los picos a diferentes horas de la mañana en cada poblado.

Con los datos de radiación difusa se puede obtener la radiación total del mes en cuestión y con ello definir si es factible o no la aplicación de paneles solares fotovoltaicos en la zona.

3.2 ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN DE ALBEDO

Las medidas se realizaron durante cinco días, del 26 al 30 de Marzo, y en los meses de octubre, Noviembre y Diciembre del 2012, hasta mediados del mes de enero 2013 con el apoyo logístico de un grupo de compañeros. La mayor parte de días fueron nublados, registrándose una insolación media anual, debido al paso del sol por el cenit de estas localidades. La rutina diaria fue ajustada a los resultados del día y a la emergencia de algunos problemas que se presentaron con las medidas. En efecto, los primeros dos días se realizaron medidas de albedo bajo lluvia y nubosidad en los poblados motivo del proyecto situados entre las latitudes -0.4333 y $-0,4833$, y longitudes $-78,3638$ y $-78, 5833$ a un promedio de 3200 msnm, pero con los dos radiómetros en posición fija (uno mirando al zenit y el otro al nadir), utilizando el mismo arreglo experimental ya probado. Los días siguientes, debido a algunas dificultades de Inter calibración bajo condiciones térmicas y eléctricas diferentes, como se explicará más adelante, se repitieron las medidas alternando la posición de los radiómetros cada 20 minutos. Cada 8 días se realizó el cruce de los poblados midiendo la irradiancia mediante uno de los radiómetros en sitios distantes unos 10m entre sí, a medida que se adentraba en cada uno de los poblados hasta llegar al centro del mismo de la misma manera se realizaron las medidas en los meses antes descritos.

Luego, a la vuelta, se repitieron las medidas hasta unos 10m desde la orilla al lugar más alto de los mismos. El segundo radiómetro se quedó midiendo en un lugar fijo (la hacienda el BARRIO en los poblados de pintag y

en la escuela poblado del Corazón), como referencia. Finalmente, los días sábados se realizó una medida de absorción sobre superficies con diferente inclinación. Cabe añadir que, en cada sitio donde se realizaron medidas, se tomaron datos cada 10 minutos no solo de irradiación sino también de temperatura, humedad y velocidad del viento para ser analizadas posteriormente los mismos que se presentan en la tabla No 3.3 a No 3.10

Tabla No 15. Datos Poblados de El Carmen y El Barrio

Fuente: Propia

Hora	Promedio de temperatura	Promedio de humedad	Promedio de velocidad del aire	Radiación albedo promedio
Tiempo	°C	%	m/s	W/m ²
08h10	17,80	29.00	0,70	42,10
08h20	19,40	28.00	0,85	42,50
08h30	21,50	26.00	1,02	44,60
08h40	22,40	28.00	0,94	44,30
08h50	24,60	29.00	1,00	42,30
09h00	25,80	30.00	0,15	42,70
09h10	34,10	24.00	0,67	44,30
09h20	26,90	24.00	0,86	46,60
09h30	29,30	28.00	1,12	45,80
09h40	29,20	31.00	1,36	45,10
09h50	28,60	29.00	1,11	46,30
10h00	30,10	27.00	1,57	48,60
10h10	28,20	27.00	1,78	48,80
10h20	28,90	29.00	1,36	48,40
10h30	28,40	29.00	1,48	48,50
10h40	30,30	25.00	3,05	49,50
10h50	29,10	29.00	3,29	49,30
11h00	29,50	30.00	3,55	48,30
11h10	29,40	29.00	3,15	48,10
11h20	28,70	28.00	3,14	50,90
11h30	29,60	29.00	3,91	50,30
11h40	28,50	29.00	4,05	51,40
11h50	29,60	29.00	3,55	48,30
12h00	30,00	29.00	4,51	50,50
12h10	30,50	31.00	3,91	50,50
12h20	31,20	30.00	2,18	52,80
12h30	31,40	28.00	2,78	53,20
12h40	30,80	29.00	3,58	52,60
12h50	30,90	31.00	2,64	52,60
13h00	31,90	32.00	4,11	53,20
13h10	32,80	28.00	3,57	51,70
13h20	32,40	27.00	3,28	47,50
13h30	32,50	25.00	3,71	47,60
13h40	31,70	29.00	3,07	45,40
13h50	31,20	28.00	2,84	47,10
14h00	30,80	27.00	2,61	47,90



Gráfico No 11. Radiación Albedo en los poblados de El Barrio y El Carmen

Fuente: Propia

Tabla No 16. Datos Poblados el Corazón

Fuente: Propia

Hora	Promedio de temperatura	Promedio de humedad	Promedio de velocidad del aire	Radiación albedo promedio
Tiempo	°C	%	m/s	W/m ²
08h10	15,10	60.00	0,30	45,30
08h20	15,15	60.00	0,37	50,40
08h30	15,10	60.00	0,41	51,60
08h40	15,10	60.00	0,25	48,60
08h50	15,10	60.00	0,64	58,10
09h00	15,15	55.00	0,84	76,80
09h10	15,10	55.00	0,94	67,10
09h20	15,30	55.00	0,86	67,90
09h30	15,30	54.00	0,88	67,90
09h40	15,50	54.00	1,21	67,40
09h50	15,38	54.00	1,05	65,30
10h00	15,41	50.00	1,39	65,50
10h10	15,45	50.00	1,84	66,70
10h20	15,48	50.00	1,62	66,70
10h30	15,52	50.00	1,22	69,20
10h40	15,55	50.00	1,87	69,70
10h50	15,59	50.00	1,63	71,10
11h00	15,62	45.00	2,35	71,30
11h10	15,66	45.00	1,48	72,30
11h20	15,69	45.00	1,39	71,60
11h30	15,73	45.00	1,86	72,70
11h40	15,76	45.00	2,29	69,80
11h50	15,79	45.00	2,64	69,90
12h00	15,83	45.00	2,45	72,60
12h10	15,86	40.00	2,61	72,40
12h20	15,90	40.00	2,57	72,80
12h30	15,93	40.00	2,66	74,40
12h40	15,97	40.00	2,82	74,10
12h50	16,00	45.00	3,04	76,30
13h00	16,04	45.00	3,28	76,50
13h10	16,07	45.00	3,54	75,60
13h20	16,11	45.00	3,14	73,30
13h30	16,14	45.00	3,13	73,90
13h40	16,17	45.00	3,90	73,20
13h50	16,21	45.00	2,59	73,60
14h00	16,24	45.00	3,54	73,10

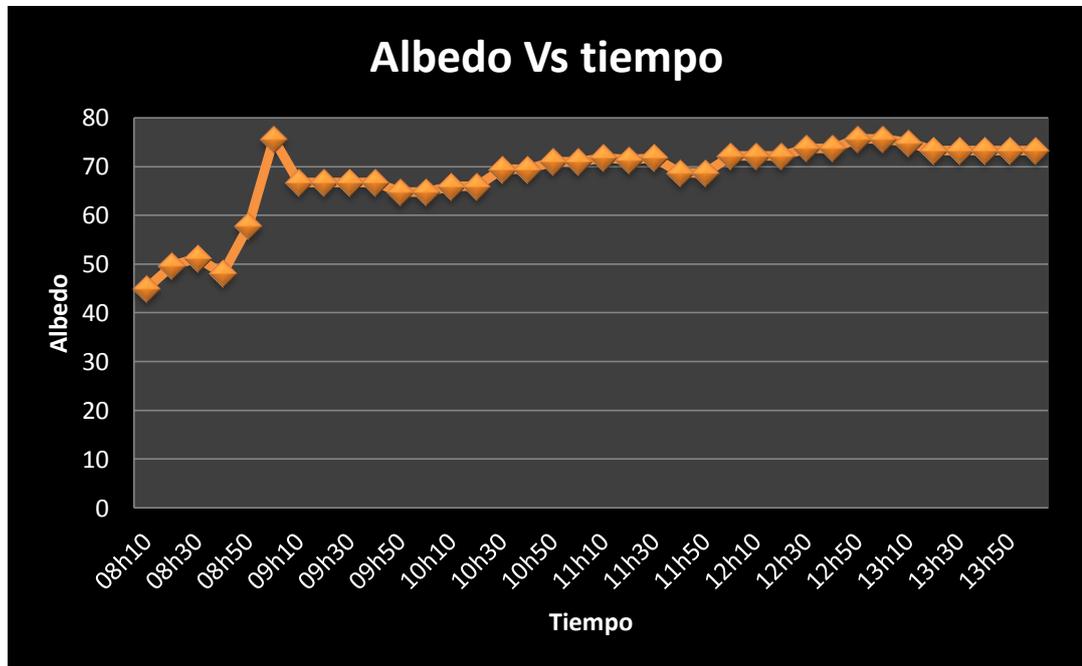


Gráfico No 12. Radiación Albedo Promedio en El Corazón

Fuente: Propia

En los gráficos se observa que mantienen casi la misma tendencia que en el caso de la radiación difusa esto es porque generalmente existe una variación en un porcentaje en entre el 20 y el 35% de variación entre la una y la otra en superficies húmedas y de césped, de hecho se verifica lo establecido en la teoría.

3.3 ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN TOTAL

Para realizar el análisis de la radiación total es importante conocer el tipo de instalación que se puede o se tiene proyectado implementar, sea este para agua caliente sanitaria o en su defecto un campo de paneles

fotovoltaicos, por la posición en la que se encuentra el Ecuador, el ángulo recomendado tanto para paneles Fotovoltaicos como para colectores solares planos, es de 15° , es ángulo es sumamente importante ya que es parte fundamental de la siguiente expresión:

$$S = I_b R_b (\tau\alpha)_b + I_d \left(\frac{1+\cos\beta}{2} \right) (\tau\alpha)_d + (I_b + I_d) \rho_g \left(\frac{1-\cos\beta}{2} \right) (\tau\alpha)_g \quad \text{ec.3.1}$$

Donde:

$R_b = 0,9$ para el mes de marzo

I_b = Radiación directa.

$\tau\alpha$ = Transmitancia absortancia = $0,85 * 0,9$

ρ_g = Reflectividad entre 0,2 y 0,3 para un ángulo de 15°

β = ángulo de inclinación = 15°

Los cálculos realizados en Excel para la obtención de la curva promedio de la Radiación total se presentan en la tabla No 3-13, en donde se observa que la máxima radiación se la obtiene a las 13:00H corroborando la teoría ya que por la posición del país en el planeta los rayos solares son perpendiculares al llegar al territorio.

Además se utilizó el programa CENSOL, para el cálculo de la Radiación Directa, y la Energía en un día de sol claro.

Tabla No 17. Radiación Promedio Total Poblado El Corazón

Fuente: Propia

Hora	Radiación directa promedio	Radiación difusa promedio	Radiación Promedio Total
Tiempo	W/m ²	W/m ²	W/m ²
08h10	481.00	116.00	421,21
08h20	566.00	128.00	491,74
08h30	537.00	132.00	471,39
08h40	548.00	124.00	476,14
08h50	570.00	149.00	504,44
09h00	651.00	195.00	587,52
09h10	1258.00	172.00	1041,32
09h20	950.00	172.00	805,70
09h30	1135.00	172.00	947,22
09h40	1160.00	172.00	966,35
09h50	937.00	167.00	793,46
10h00	1280.00	167.00	1055,85
10h10	925.00	170.00	785,66
10h20	1283.00	170.00	1059,53
10h30	1193.00	179.00	994,81
10h40	1181.00	179.00	985,63
10h50	1190.00	183.00	994,35
11h00	1198.00	183.00	1000,47
11h10	1183.00	185.00	989,91
11h20	1215.00	184.00	1013,93
11h30	1237.00	185.00	1031,22
11h40	1250.00	177.00	1037,49
11h50	1243.00	177.00	1032,14
12h00	1262.00	186.00	1050,80
12h10	1269.00	186.00	1056,16
12h20	1283.00	186.00	1066,87
12h30	1279.00	190.00	1065,65
12h40	1295.00	190.00	1077,89
12h50	1313.00	195.00	1093,95
13h00	1340.00	195.00	1114,61
13h10	1325.00	193.00	1102,21
13h20	1303.00	189.00	1083,55
13h30	1299.00	189.00	1080,49
13h40	1275.00	189.00	1062,13
13h50	1263.00	189.00	1052,95
14h00	1216.00	189.00	1016,99

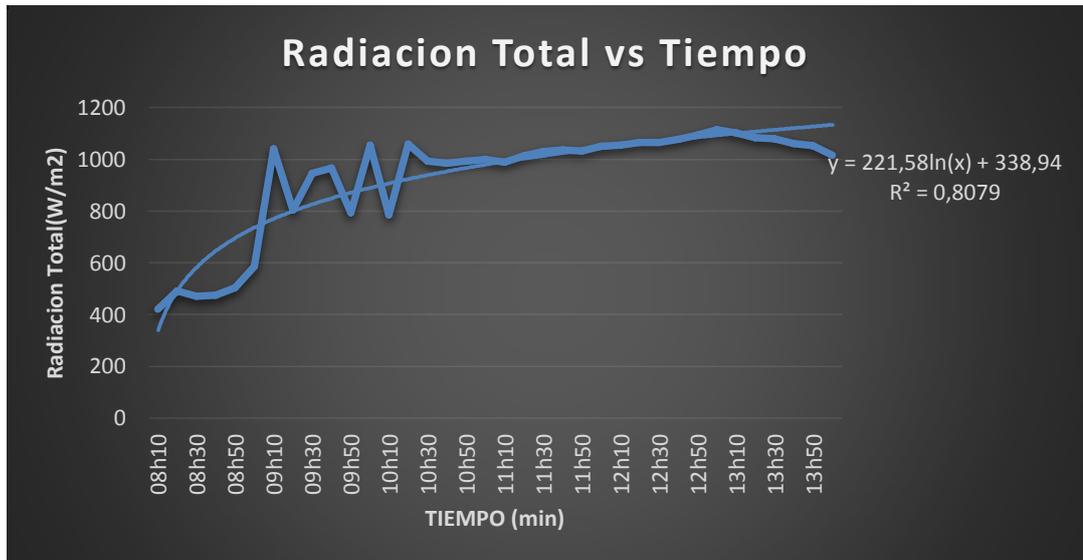


Gráfico No 13. Radiación Total Promedio en El Corazón.

Fuente: Propia

Tabla No 18. Radiación Promedio Total Poblados El Carmen y El Barrio

Fuente: Propia

Hora	Radiación directa promedio	Radiación difusa promedio	Radiación Promedio Total
Tiempo	W/m ²	W/m ²	W/m ²
08h10	353.00	135.00	332,10
08h20	370.00	135.00	345,20
08h30	396.00	140.00	367,20
08h40	386.00	140.00	359,50
08h50	440.00	135.00	398,70
09h00	578.00	135.00	504,10
09h10	541.00	143.00	479,50
09h20	520.00	149.00	466,20
09h30	615.00	145.00	537,30
09h40	726.00	145.00	621,50
09h50	810.00	149.00	688,40
10h00	860.00	155.00	729,50
10h10	880.00	155.00	744,50
10h20	910.00	153.00	766,80
10h30	1100.00	153.00	911,30
10h40	1177.00	156.00	972,10
10h50	1185.00	158.00	979,50
11h00	1183.00	155.00	976,40
11h10	1215.00	155.00	1000,20
11h20	1237.00	160.00	1019,50
11h30	1250.00	160.00	1029,90
11h40	1243.00	165.00	1026,30
11h50	1262.00	155.00	1036,80
12h00	1269.00	160.00	1044,30
12h10	1283.00	160.00	1054,40
12h20	1279.00	167.00	1055,90
12h30	1295.00	170.00	1068,10
12h40	1313.00	167.00	1081,00
12h50	1340.00	167.00	1101,50
13h00	1325.00	170.00	1091,60
13h10	1303.00	163.00	1071,10
13h20	1299.00	150.00	1062,90
13h30	1275.00	150.00	1044,30
13h40	1263.00	146.00	1033,20
13h50	1216.00	150.00	999,10
14h00	353.00	150.00	998,90

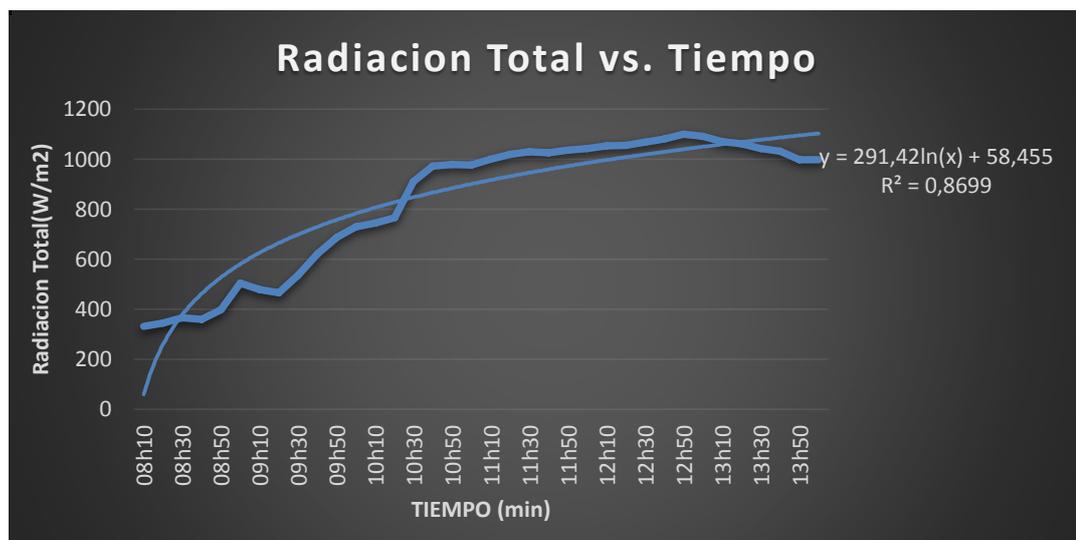


Gráfico No 14 Radiación Total en los poblados de El Barrio y El Carmen

Fuente: Propia

En los gráficos anteriores se puede observar las diferencias entre cada uno de los poblados ya que la línea de tendencia es similar pero la constante cuadrática R difiere en un 20% más o menos lo que quiere decir que la nubosidad y la radiación extraterrestre es un poco diferente aun así sus latitudes sean similares.

3.4 ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN TOTAL EN UNA SUPERFICIE HORIZONTAL

Hay que recurrir a las evaluaciones de carácter estadístico basadas en las observaciones meteorológicas realizadas durante largos períodos de tiempo.

El dato normalmente disponible es el valor medio mensual de la radiación diaria sobre una superficie horizontal. Este dato permite calcular el número

de módulos fotovoltaicos o colectores solares, necesarios para que la energía generada durante ese mes, iguale a la energía que se pretende consumir en la carga.

En la toma de datos realizada se pueden, mediante la aplicación de las siguientes formulas encontrar la radiación total en una superficie horizontal plana, para los poblados

- Radiación global máxima para cielo muy limpio
- $I_{T(h)max} = 1130(\cos\theta_s)^{1,15}$ **ec.3.2**
- Radiación global mínima para zona industrial
- $I_{T(h)min} = 995(\cos\theta_s)^{1,25}$ **ec.3.3**
- Radiación global media
- $I_{T(h)med} = 1080(\cos\theta_s)^{1,22}$ **ec.3.4**

Donde

$$\theta_s = 30^\circ$$

En este punto se puede Observar que θ_s es el ángulo formado entre la atmosfera en donde la pendiente es igual a 1 y las ondas solares que llegan a la tierra, se toma el valor de 30 ya que generalmente los campos solares tienen una inclinación normal de 15° como se vio para el análisis de la radiación total, más 15° por la desviación de la latitud. a continuación se presentan las curvas de Radiación en superficie horizontal vs la radiación

total en los diferentes poblados estudiados calculados por la segunda expresión en función de la radiación total encontrada, ya que la toma de datos se realizó en época lluviosa también se pueden observar las tablas de resultados.

Tabla No 19. Radiación Total Horaria en superficie Plana en los poblados de El Barrio y El Carmen

Fuente: Propia

Hora	Radiación Promedio Total	Radiación total en una superficie horizontal
Tiempo	W/m ²	W/m ²
08h10	421,21	353,42
08h20	491,74	412,60
08h30	471,39	395,52
08h40	476,14	399,50
08h50	504,44	423,25
09h00	587,52	492,96
09h10	1041,32	873,72
09h20	805,70	676,02
09h30	947,22	794,77
09h40	966,35	810,81
09h50	793,46	665,75
10h00	1055,85	885,91
10h10	785,66	659,20
10h30	994,81	834,69
10h40	985,63	826,99
10h50	994,35	834,31
11h00	1000,47	839,44
11h10	989,91	830,58
11h20	1013,93	850,74
11h30	1031,22	865,24
11h40	1037,49	870,51
11h50	1032,14	866,01
12h00	1050,80	881,68
12h10	1056,16	886,17
12h20	1066,87	895,16
12h30	1065,65	894,13
12h40	1077,89	904,40
12h50	1093,95	917,88
13h00	1114,61	935,21

Continúa...

Hora	Radiación Promedio Total	Radiación total en una superficie horizontal
13h30	1080,49	906,58
13h40	1062,13	891,18
13h50	1052,95	883,47
14h00	1016,99	853,31

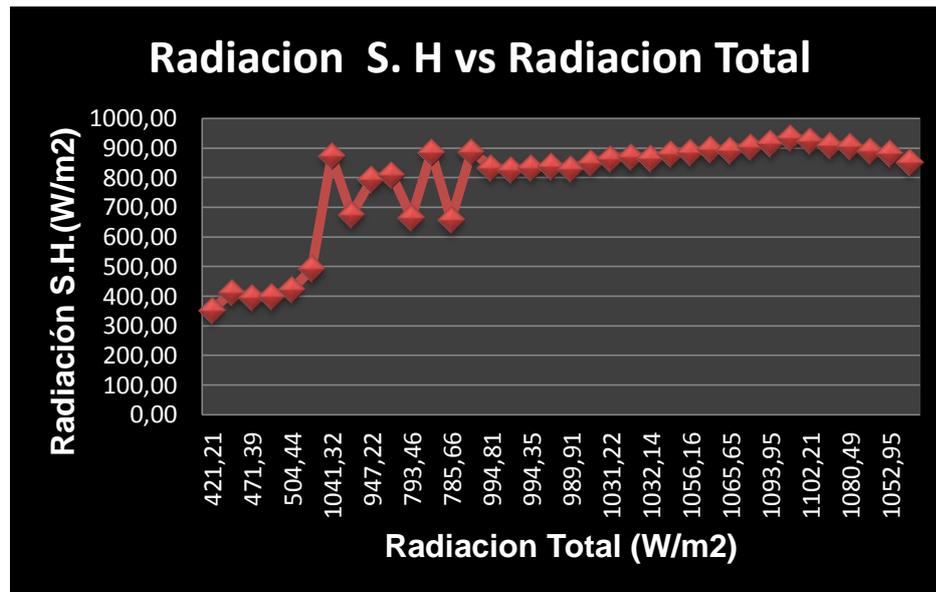


Gráfico No 15. Radiación S.H en los poblados de El Barrio y El Carmen

Fuente: Propia

Tabla No 20. Radiación Total horaria en superficie Plana en el poblado de El Corazón

Fuente: Propia

Hora	Radiación Promedio Total	Radiación total en una superficie horizontal
Tiempo	W/m ²	W/m ²
08h20	345,02	289,48
08h30	367,20	308,10
08h40	359,55	301,68
08h50	398,57	334,42
09h00	504,14	422,99
09h10	479,50	402,33
09h20	466,19	391,16
09h30	537,03	450,59
09h40	621,95	521,84
09h50	688,04	577,30
10h00	729,05	611,70
10h10	744,35	624,54
10h20	766,38	643,03
10h30	911,73	764,98
10h40	972,01	815,56
10h50	979,05	821,47
11h00	976,14	819,03
11h10	1000,62	839,57
11h20	1019,75	855,62
11h30	1029,69	863,96
11h40	1026,63	861,39
11h50	1036,58	869,74
12h00	1044,23	876,16
12h10	1054,94	885,14
12h20	1055,09	885,27
12h30	1068,71	896,70
12h40	1081,10	907,09
12h50	1101,75	924,42
13h00	1091,66	915,95
13h10	1071,61	899,14
13h20	1062,59	891,56
13h30	1044,23	876,16
13h40	1033,21	866,91
13h50	999,09	838,29

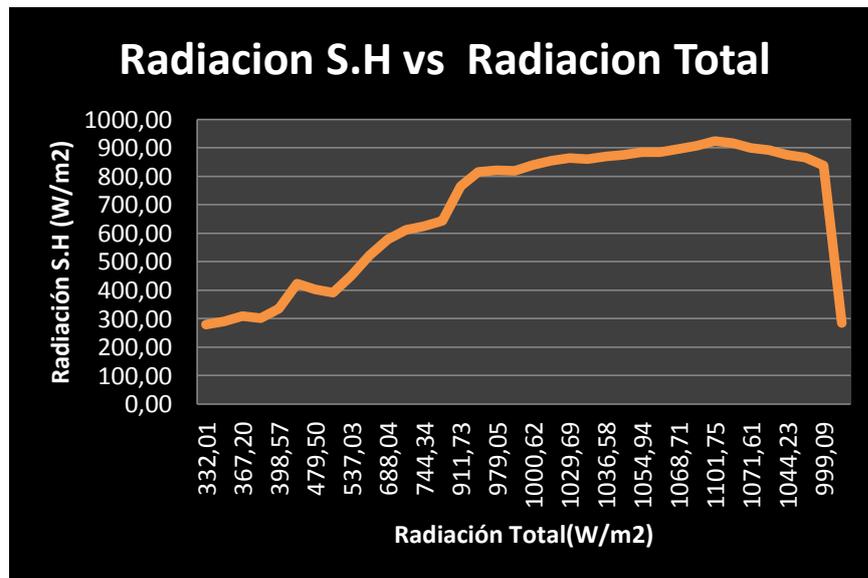


Gráfico No 16. Radiación S.H Promedio en El Corazón.

Fuente: Propia

3.5 ANÁLISIS DE LA ENERGÍA TOTAL RECIBIDA EN UN DÍA DE CIELO CLARO.

Durante la toma de datos del proyecto se tuvo la mayor cantidad de días con neblina y nubosidad, como se ha estado trabajando en función del promedio de las diferentes tomas de datos a través de las horas, se procederá a trabajar con el mismo promedio pero se utilizará la ecuación 3.2 para el delta de tiempo entre cada medida, con esto se podrá ya tener todos los cálculos que ayudaran al proyectista para que tenga una guía definida del dimensionamiento del campo solar a utilizar sea este Fotovoltaico y/o colectores solares para calentamiento de agua.

En realidad por lo observado en las curvas se puede determinar que en los sitios en estudio es bastante factible la utilización técnica de energía solar tanto fotovoltaica como para C.A.S(Calentamiento de Agua Sanitaria), siendo el segundo el de más probabilidad ya que prácticamente el estudio se lo hizo en una temporada crítica.

Es importante notar que es necesario calcular la Irradiancia total máxima para cada punto tanto en Jouls como en kWh, tomando en cuenta que el delta de tiempo de la ecuación es de 10 minutos es decir 600 segundos y con la equivalencia de que 1 kWh equivale valga la redundancia a 3600 Jouls.

En si son importantes estos cálculos por qué se puede observar la cantidad de energía con la cual se puede contar durante un día y proyectarse luego al mes. El cálculo de la energía generada diariamente por los módulos fotovoltaicos es un problema que se traduce, básicamente en predecir cuál será la radiación solar que llega a la superficie de los módulos.

Para el cálculo de la energía consumida diariamente en la carga, basta con multiplicar la potencia de cada uno de los equipos que la componen por el número de horas de utilización diaria. Pero el número de horas diarias que se utiliza una carga no se conoce con precisión, por esto se recurre al uso de los valores estimados por la red eléctrica convencional. A continuación se tiene las tablas que presentan los datos de radiación solar máxima en un día claro en función del tiempo:

Tabla No 21. Energía recibida en un día de cielo claro en los poblados del Barrio y El Carmen

Fuente: Propia, CENSOL

Hora	Radiación Promedio Total	Radiación total en una superficie horizontal	Energía día Claro	Energía día Claro
Tiempo	W/m ²	W/m ²	Joul	kWh
08h10	332,01	278,57	106406,93	29,56
08h20	345,02	289,48	110574,94	30,72
08h30	367,20	308,10	117685,08	32,69
08h40	359,55	301,68	115233,31	32,01
08h50	398,57	334,42	127737,35	35,48
09h00	504,14	422,99	161571,81	44,88
09h10	479,50	402,33	153677,10	42,69
09h20	466,19	391,16	149411,02	41,50
09h30	537,03	450,59	172114,43	47,81
09h40	621,95	521,84	199329,11	55,37
09h50	688,04	577,30	220512,42	61,25
10h00	729,05	611,70	233653,92	64,90
10h10	744,35	624,54	238557,47	66,27
10h20	766,38	643,03	245618,57	68,23
10h30	911,73	764,98	292202,25	81,17
10h40	972,01	815,56	311522,22	86,53
10h50	979,05	821,47	313777,85	87,16
11h00	976,14	819,03	312846,18	86,90
11h10	1000,62	839,57	320691,85	89,08
11h20	1019,75	855,62	326821,28	90,78
11h30	1029,69	863,96	330008,59	91,67
11h40	1026,63	861,39	329027,88	91,40
11h50	1036,58	869,74	332215,18	92,28
12h00	1044,23	876,16	334666,95	92,96
12h10	1054,94	885,14	338099,44	93,92
12h20	1055,09	885,27	338148,47	93,93
12h30	1068,71	896,70	342512,63	95,14
12h40	1081,10	907,09	346484,50	96,25
12h50	1101,75	924,42	353104,28	98,08
13h00	1091,66	915,95	349867,94	97,19
13h10	1071,61	899,14	343444,30	95,40
13h20	1062,59	891,56	340551,21	94,60
13h30	1044,23	876,16	334666,95	92,96
13h40	1033,21	866,91	331136,40	91,98
13h50	999,09	838,29	320201,50	88,94

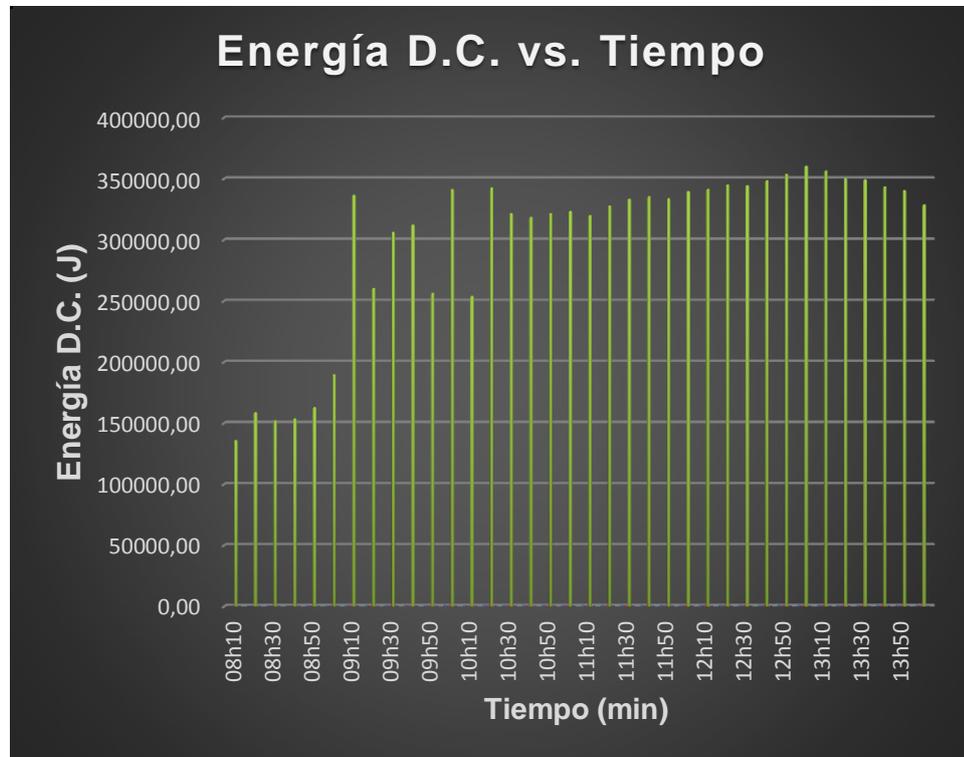


Gráfico No 17. Energía Recibida en un día Claro en El Barrio y El Carmen

Fuente: Propia, CENSOL

Tabla No 22. Energía Total recibida en un día de cielo claro en el poblado de El Corazón

Fuente: Propia, CENSOL

Hora	Radiación Promedio Total	Radiación total en una superficie horizontal	Energía día Claro	Energía día Claro
Tiempo	W/m ²	W/m ²	Joul	kWh
08h20	491,74	416,77	159194,81	44,22
08h30	471,39	399,52	152607,10	42,39
08h40	476,14	403,54	154142,58	42,82
08h50	504,44	427,53	163305,94	45,36
09h00	587,52	497,95	190201,64	52,83
09h10	1041,32	882,56	337112,59	93,64
09h20	805,70	682,86	260833,81	72,45
09h30	947,22	802,81	306650,61	85,18
09h40	966,35	819,02	312842,07	86,90
09h50	793,46	672,49	256871,28	71,35
10h00	1055,85	894,88	341818,10	94,95
10h10	785,66	665,87	254345,16	70,65
10h20	1059,53	897,99	343006,86	95,28
10h30	994,81	843,14	322054,96	89,46
10h40	985,63	835,36	319083,06	88,63
10h50	994,35	842,75	321906,37	89,42
11h00	1000,47	847,94	323887,63	89,97
11h10	989,91	838,99	320469,95	89,02
11h20	1013,93	859,35	328246,42	91,18
11h30	1031,22	874,00	333843,50	92,73
11h40	1037,49	879,32	335874,30	93,30
11h50	1032,14	874,78	334140,69	92,82
12h00	1050,80	890,60	340183,56	94,50
12h10	1056,16	895,14	341917,17	94,98
12h20	1066,87	904,21	345384,38	95,94
12h30	1065,65	903,18	344988,13	95,83
12h40	1077,89	913,55	348950,66	96,93
12h50	1093,95	927,17	354151,49	98,38
13h00	1114,61	944,67	360838,27	100,23
13h10	1102,21	934,17	356826,20	99,12
13h20	1083,55	918,35	350783,34	97,44
13h30	1080,49	915,76	349792,70	97,16
13h40	1062,13	900,19	343848,90	95,51
13h50	1052,95	892,41	340877,00	94,69
14h00	1016,99	861,94	329237,06	91,45

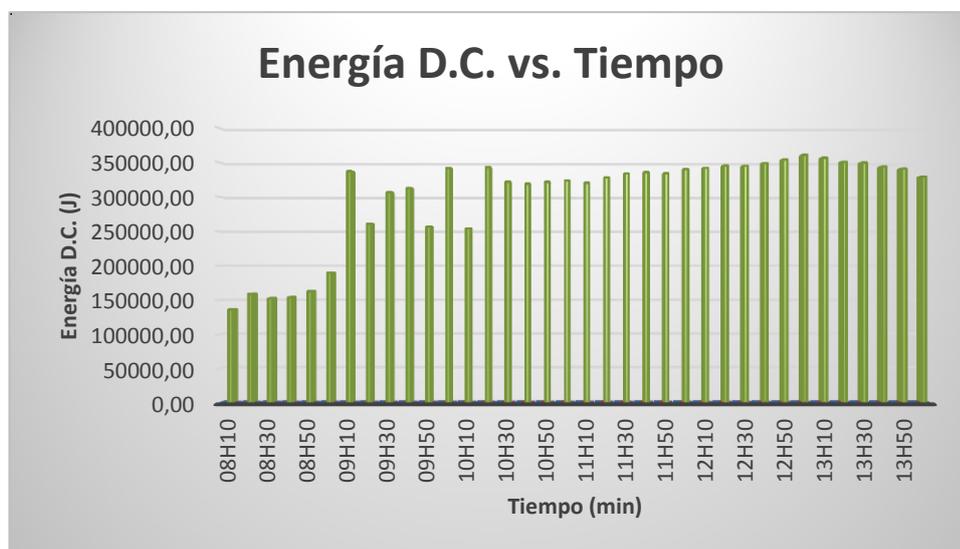


Gráfico No 18. Energía Recibida en un día Claro en El Corazón

Fuente: Propia, CENSOL

3.6 TIPOS DE BIOMASA UTILIZADAS EN LOS POBLADOS.

Para el análisis de los tipos de biomasa utilizados en los poblados se realizó una encuesta puerta a puerta, tomando como base al grupo familiar y por el número de casas no se realizó una muestra, se evaluó al 100% de la población.

Como parte importante del estudio se preguntó sobre el conocimiento de energías renovables y su utilización a los pobladores obteniéndose los siguientes resultados:

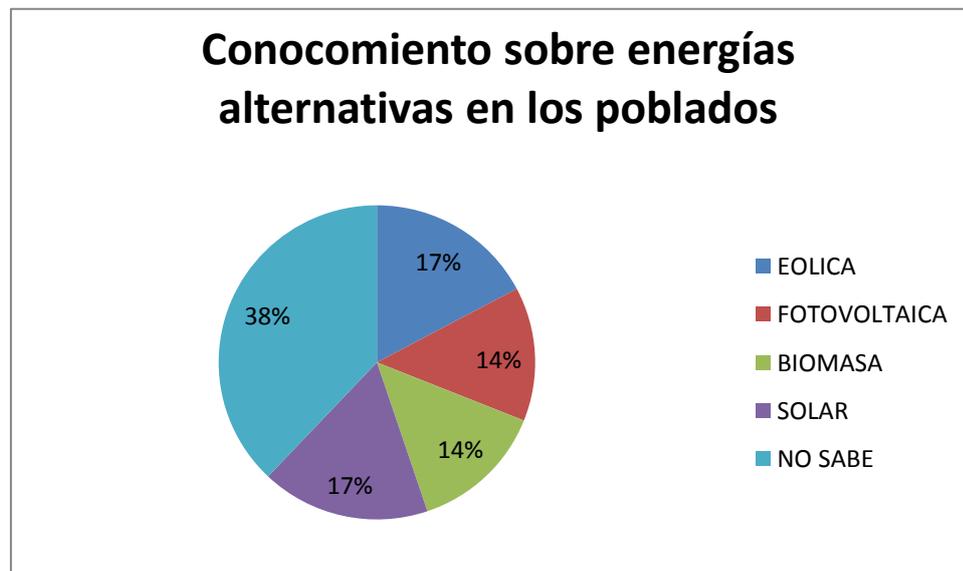


Gráfico No 19. Conocimiento sobre energías alternativas.

Donde del 100% de la población, el mayor porcentaje es decir el 38% no conoce sobre el tema y el restante conoce algo sobre el empleo de las mismas en un porcentaje similar. En cuanto a lo referente al proyecto se observa que un 14 % conoce sobre la Biomasa y Fotovoltaica respectivamente en estos poblados.

Como fuente importante de biomasa utilizadas en los poblados se tiene:

- Leña.

La leña es obtenida básicamente de cada una de las casas de las personas, sea esto obteniéndolas de plantas, hojas o ramas de árboles secos, no es muy abundante, ya que en estos sectores no existen muchos árboles y la temporada no da para que estos estén secos, por lo que la recolección de leña se lo hace esporádicamente y no todas las personas lo utilizan por el uso de GLP.

- Estiércol y desechos de animales

El estiércol de los animales y los desperdicios que estos generan son utilizados como abono para los terrenos de las personas que habitan en estas poblaciones, no se le da otro tipo de tratamiento, que no sea este.

- Basura organica e inorganica.

En los poblados estudiados y de acuerdo a la encuesta, la misma que se encuentra en anexos, la basura generalmente la botan, en quebradas y sitios despoblados, otros la queman, provocando contaminación y sobre todo un mal uso del recurso energético.

De acuerdo a las preguntas 28 y 33 realizada en la encuesta las diferentes biomásas son utilizadas de la siguiente forma.

28 en su vivienda la basura la trata como:

Tabla No 23. Uso de la Basura como Biomasa

Fuente: Propia

PREGUNTA 28	TOTAL
ES RECOGIDA POR EL SERVICIO DE ASEO URBANO	0
SE BOTA EN UN DEPOSITO COLECTIVO	0
SE ENTIERRA	7,5%
SE QUEMA	65%
SE BOTA AL RIO O QUEBRADA	0
SE USA COMO ABONO	27,5%

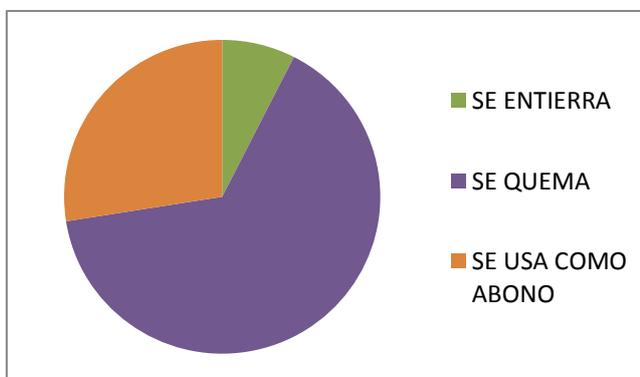


Gráfico No 20. Porcentaje de uso de basura como biomasa.

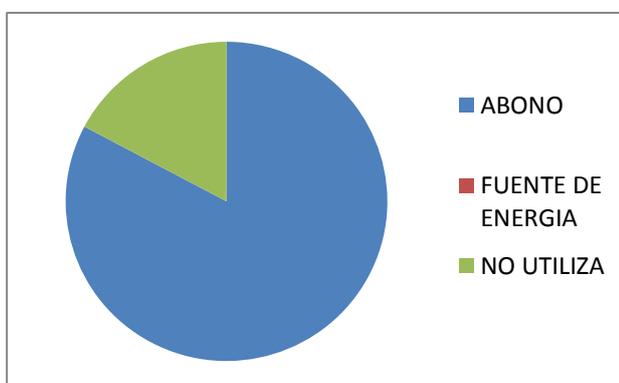
Fuente: Propia

Es así que en la pregunta No 33 se vislumbra como es el uso de los desechos orgánicos en este caso en su gran mayoría de cualquier tipo de gando existente, el resumen de la encuesta se presenta en la siguiente tabla:

Tabla No 24. Utilización de los desechos Orgánicos

Fuente: Propia

Pregunta 33	TOTAL
ABONO	82,76%
FUENTE DE ENERGIA	0
NO UTILIZA	17,24%

**Gráfico No 22. Utilización de los Desechos Orgánicos.**

Fuente: Propia

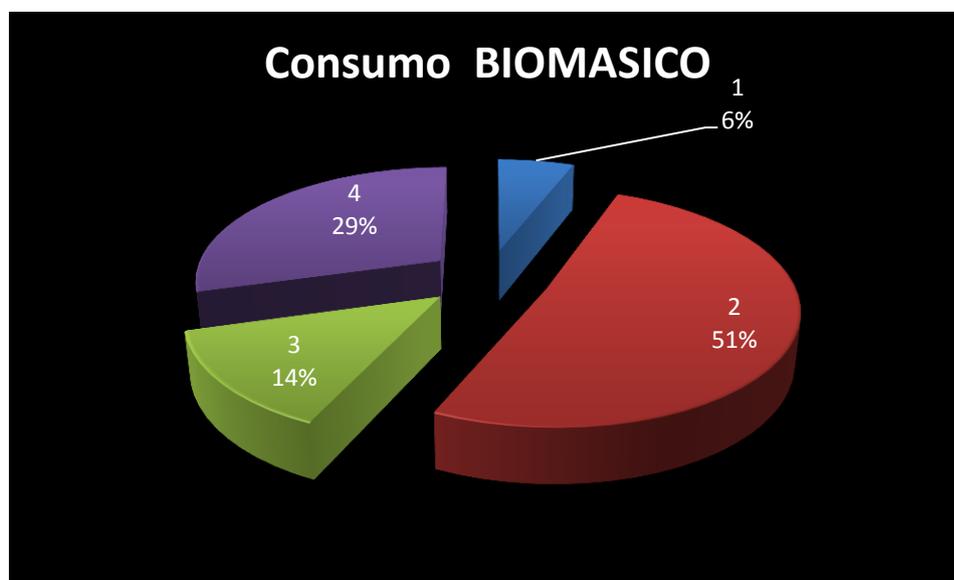
3.7 CONSUMO BIOMASICO.

Con la pregunta 29 se puede observar el consumo biomásico correspondiente a los tres poblados, y es donde en sus porcentajes se puede dar cuenta de que el uso biomásico ha ido disminuyendo por el cambio en la idiosincrasia de las personas, el mismo que viene acompañado de un cambio netamente cultural. Los datos promedios arrojados se tabulan en la siguiente tabla:

Tabla No 25. Consumo de la Biomasa en los Poblados

Fuente: Propia

ORD	Pregunta 29	
1	Recogida por el servicio urbano	6%
2	es quemada para evitar las heladas	51%
3	es usada como abono	14%
4	se usa como fuente energética (fogon)	29%

**Gráfico No 3-22. Porcentaje del consumo biomásico en los Poblados**

Fuente: Propia

3.8 TABULACIÓN DE DATOS.

La tabulación de datos se encuentra en anexos ya que se obtuvo mediante encuesta.

3.9 FORMULACIÓN DE MODELO MATEMÁTICO.

La metodología utilizada para la elaboración del modelo ubica los coeficientes de transmisión para radiación solar como un parámetro físico.

El modelado matemático de los fenómenos físicos pretende dar un mejor entendimiento de estos. Respecto a esta se han propuesto tres tipos de radiación; la primera constituye la RADIACIÓN DIRECTA (R_b) (tomada con el radiómetro) que proviene exclusivamente del sol; la segunda, corresponde a la RADIACIÓN DIFUSA (R_d), la cual se define como la radiación reflejada por las nubes, el suelo y la atmósfera principalmente, y la última, la RADIACIÓN GLOBAL (R_g) que en resumen es la suma de las dos anteriores:

$$R_b + R_d = R_g \quad \text{Ec.3.5}$$

COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN

Para la implementación del modelo matemático se basó en tres coeficientes de transmisión, K_b , K_d y K_l definidos como:

$$K_b = \frac{R_b}{R_g} \quad \text{Ec.3.6}$$

$$K_d = \frac{R_d}{R_g} \quad \text{Ec.3.7}$$

$$Kl = \frac{Rb}{Rd}$$

Ec.3.8

Donde al graficarlos contra la irradiación directa (un promedio diario desde el 13 de Octubre hasta el 13 de Enero, de 8 am. Hasta 14 pm.) Se vio una tendencia de tipo exponencial.

En la siguiente página se tabula la tabla presentada a continuación.

Tabla No 26. Radiación Global Promedio Total Barrio el Corazón

Fuente: Propia

Hora	Radiación directa Promedio	Radiación difusa Promedio	Radiación Global Promedio
Tiempo	W/m²	W/m²	W/m²
08h40	548.00	124.00	672.00
08h50	570.00	149.00	719.00
09h00	651.00	195.00	846.00
09h10	1258.00	172.00	1430.00
09h20	950.00	172.00	1122.00
09h30	1135.00	172.00	1307.00
09h40	1160.00	172.00	1332.00
09h50	937.00	167.00	1104.00
10h00	1280.00	167.00	1447.00
10h10	925.00	170.00	1095.00
10h20	1283.00	170.00	1453.00
10h30	1193.00	179.00	1372.00
10h40	1181.00	179.00	1360.00
10h50	1190.00	183.00	1373.00
11h00	1198.00	183.00	1381.00
11h10	1183.00	185.00	1368.00
11h20	1215.00	184.00	1399.00
11h40	1250.00	177.00	1427.00
11h50	1243.00	177.00	1420.00
12h00	1262.00	186.00	1448.00
12h10	1269.00	186.00	1455.00
12h20	1283.00	186.00	1469.00
12h30	1279.00	190.00	1469.00
12h40	1295.00	190.00	1485.00
13h00	1340.00	195.00	1535.00
13h10	1325.00	193.00	1518.00
13h20	1303.00	189.00	1492.00
13h30	1299.00	189.00	1488.00
13h40	1275.00	189.00	1464.00
13h50	1263.00	189.00	1452.00
14h00	1216.00	189.00	1405.00

**Tabla No 27. Coeficientes de Transmisión Promedio Total Barrio el
Corazón**

Fuente: Propia

Kb	Kd	Kl
0.806	0.194	4.147
0.816	0.184	4.422
0.803	0.197	4.068
0.815	0.185	4.419
0.793	0.207	3.826
0.770	0.230	3.338
0.880	0.120	7.314
0.847	0.153	5.523
0.868	0.132	6.599
0.871	0.129	6.744
0.849	0.151	5.611
0.885	0.115	7.665
0.845	0.155	5.441
0.883	0.117	7.547
0.870	0.130	6.665
0.868	0.132	6.598
0.867	0.133	6.503
0.867	0.133	6.546
0.865	0.135	6.395
0.868	0.132	6.603
0.870	0.130	6.686
0.876	0.124	7.062
0.875	0.125	7.023
0.872	0.128	6.785
0.872	0.128	6.823
0.873	0.127	6.898
0.871	0.129	6.732
0.872	0.128	6.816
0.871	0.129	6.733
0.873	0.127	6.872
0.873	0.127	6.865
0.873	0.127	6.894
0.873	0.127	6.873
0.871	0.129	6.746
0.870	0.130	6.683
0.865	0.135	6.434

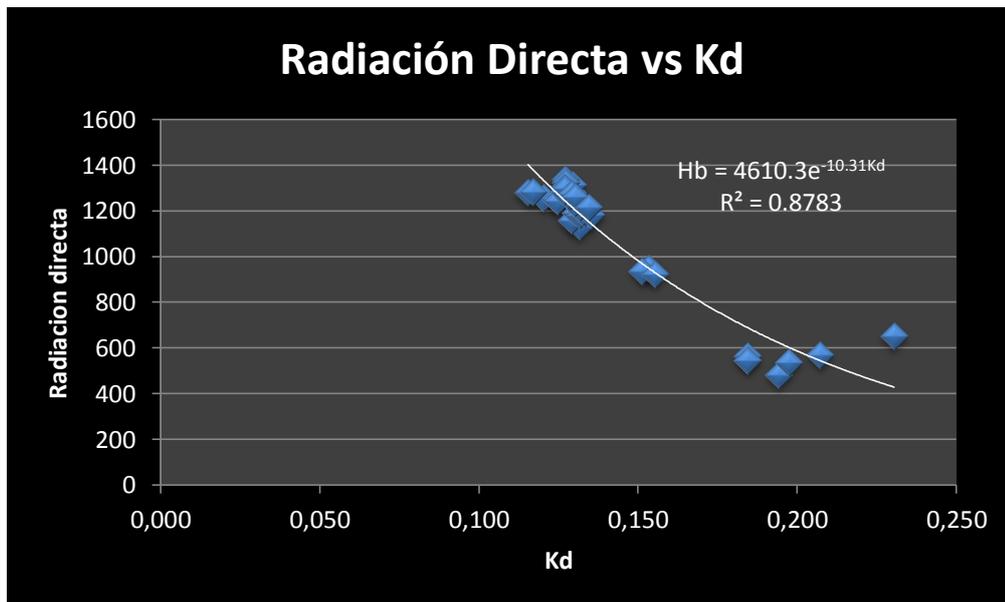


Gráfico No 23. Comportamiento de la radiación solar directa en función del parámetro Kd para los meses de octubre de 2012 hasta enero del 2013 en El Corazón

Fuente: Propia

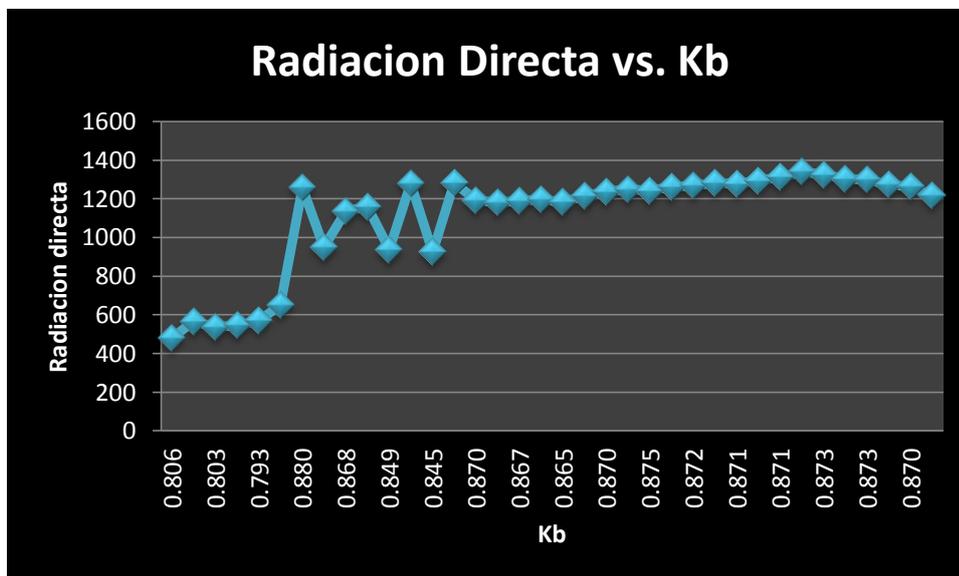


Gráfico No 24. Comportamiento de la radiación solar directa en función del parámetro Kb para los meses de octubre de 2012 hasta enero del 2013 en El Corazón

Fuente: Propia

Hora	Radiación directa promedio	Radiación difusa promedio	Radiación Global Promedio
Tiempo	W/m ²	W/m ²	W/m ²
08h20	370.00	135.00	505.00
08h30	396.00	140.00	536.00
08h40	386.00	140.00	526.00
08h50	440.00	135.00	575.00
09h00	578.00	135.00	713.00
09h10	541.00	143.00	684.00
09h20	520.00	149.00	669.00
09h30	615.00	145.00	760.00
09h40	726.00	145.00	871.00
09h50	810.00	149.00	959.00
10h00	860.00	155.00	1015.00
10h10	880.00	155.00	1035.00
10h20	910.00	153.00	1063.00
10h30	1100.00	153.00	1253.00
10h40	1177.00	156.00	1333.00
10h50	1185.00	158.00	1343.00
11h00	1183.00	155.00	1338.00
11h10	1215.00	155.00	1370.00
11h20	1237.00	160.00	1397.00
11h30	1250.00	160.00	1410.00
11h40	1243.00	165.00	1408.00
11h50	1262.00	155.00	1417.00
12h00	1269.00	160.00	1429.00
12h10	1283.00	160.00	1443.00
12h20	1279.00	167.00	1446.00
12h30	1295.00	170.00	1465.00
12h40	1313.00	167.00	1480.00
12h50	1340.00	167.00	1507.00

Continúa...

Hora	Radiación directa promedio	Radiación difusa promedio	Radiación Global Promedio
13h20	1299.00	150.00	1449.00
13h30	1275.00	150.00	1425.00
13h40	1263.00	146.00	1409.00
13h50	1216.00	150.00	1366.00
14h00	353.00	150.00	503.00

Tabla No 28. Radiación Global Promedio Total Poblados el Carmen y el Barrio

Fuente: Propia

Tabla No 29. Coeficientes de Transmisión Promedio Total Poblados el Carmen y el Barrio

Fuente: Propia

Kb	Kd	Kl
0.723	0.277	2.615
0.733	0.267	2.741
0.739	0.261	2.829
0.734	0.266	2.757
0.765	0.235	3.259
0.811	0.189	4.281
0.791	0.209	3.783
0.777	0.223	3.490
0.809	0.191	4.241
0.834	0.166	5.007
0.845	0.155	5.436
0.847	0.153	5.548
0.850	0.150	5.677
0.856	0.144	5.948
0.878	0.122	7.190
0.883	0.117	7.545
0.882	0.118	7.500
0.884	0.116	7.632
0.887	0.113	7.839
0.885	0.115	7.731
0.887	0.113	7.813

Continúa...

Kb	Kd	Kl
0.885	0.115	7.659
0.884	0.116	7.618
0.887	0.113	7.862
0.889	0.111	8.024
0.886	0.114	7.794
0.889	0.111	7.994
0.896	0.104	8.660
0.895	0.105	8.500
0.896	0.104	8.651
0.890	0.110	8.107
0.702	0.298	2.353

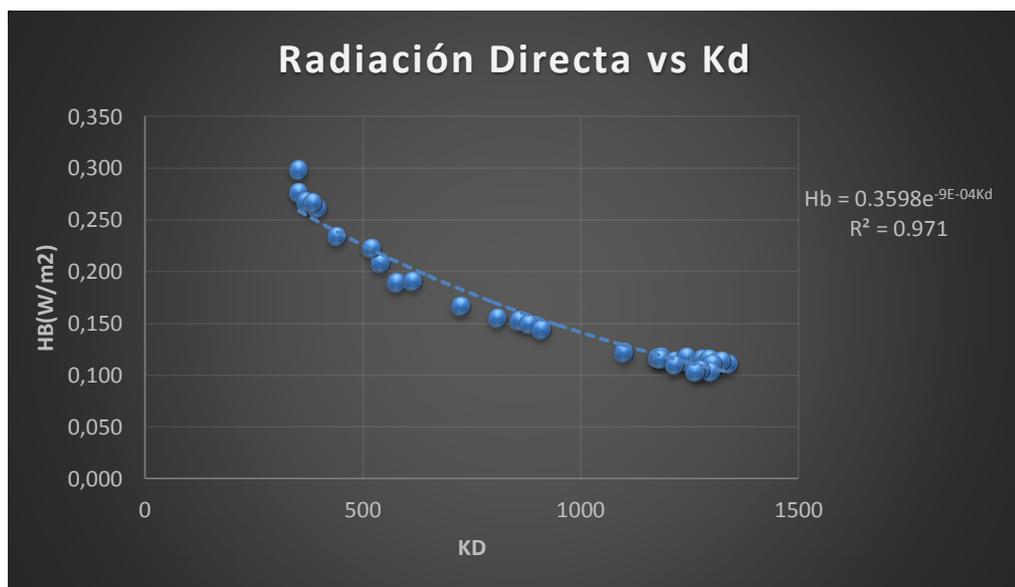


Gráfico No 25. Comportamiento de la radiación solar directa en función del parámetro Kd para los meses de octubre de 2012 hasta enero del 2013 en los poblados de El Barrio y El Carmen

Fuente: Propia

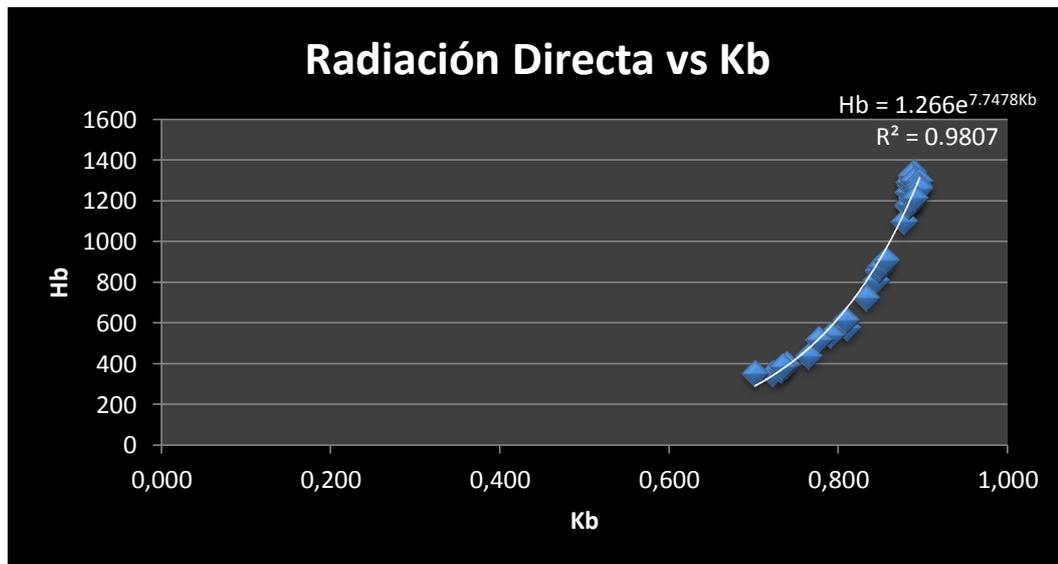


Gráfico No 26. Comportamiento de la radiación solar directa en función del parámetro Kb para los meses de octubre de 2012 hasta enero del 2013 en los poblados de El Barrio y El Carmen

Fuente: Propia

En estas gráficas se observa la ecuación de la línea de tendencia que relaciona la radiación directa en función del parámetro físico Kb, tanto para el Barrio el Corazón y en los Poblados el Carmen y el Barrio, y la radiación directa en función del parámetro físico Kd.

A partir del modelo teórico propuesto:

$$Hb = Ae^{-cKd}$$

Ec.3.9

Se calculan las constantes A y c, las cuales son obtenidas con un promedio desde el 13 de Octubre hasta el 13 de Enero.

De acuerdo a la gráfica que muestra el comportamiento de la radiación solar directa en función del parámetro Kd en el poblado de El Corazón, se muestra que:

$$H_b = 4610.3e^{-10.31K_d}$$

$$R^2 = 0.8783$$

Ec.3.10

Y en la gráfica que muestra el comportamiento de la radiación solar directa en función del parámetro Kd en los poblados del barrio y El Carmen, se muestra que:

$$H_b = 0.3598e^{-9E-04K_d}$$

$$R^2 = 0.971$$

Ec.3.11

Otro método para modelar la demanda de energía, es el saber que con esta existe una estrecha relación con el Producto Interno Bruto (PIB), esto se conoce por medio de la matriz de correlación entre ambas variables. Realizando las respectivas pruebas estadísticas, el modelo de regresión simple sugerido es el siguiente:

$$\hat{y} = -1441127.572 + 162.6899484x_1$$

Donde

y = variable dependiente (demanda estimada)

x=variable independiente(PIB) Para el modelo de regresión múltiple se obtuvo:

Ec.3.13

$$\hat{y} = -1022113.39 + 135.17508x_1 + 0.102446443x_2$$

Donde:

y= variable dependiente (demanda de energía estimada)

X1=variable independiente(PIB)

X2=variable independiente (Ingreso real)

Los modelos univariantes son aquellos que el comportamiento de una variable se explica utilizando sólo su propio pasado. El modelo sugerido es:

$$X_t = X_{t-1} + \mu_t - 0.885\mu_{t-1} + 922201$$

Ec.3.14

Donde

X_t = demanda en el tiempo t

X_{t-1} = demanda en el tiempo t-1

μ_t = el error en el tiempo t

μ_{t-1} =el error en el tiempo t-1

El modelo de regresión simple ayuda de una manera más rápida y concisa a realizar el análisis en los poblados pero existe dos procedimientos más como son el de la serie de tiempo y el de regresión

múltiple, los cuales son utilizados en circunstancias macro es decir a nivel de países y regiones.

En este caso se realizó un análisis y corrida rápida de comparación por medio de un simulador llamado POWERSIM se obtuvieron los siguientes resultados de los tres modelos sugeridos.

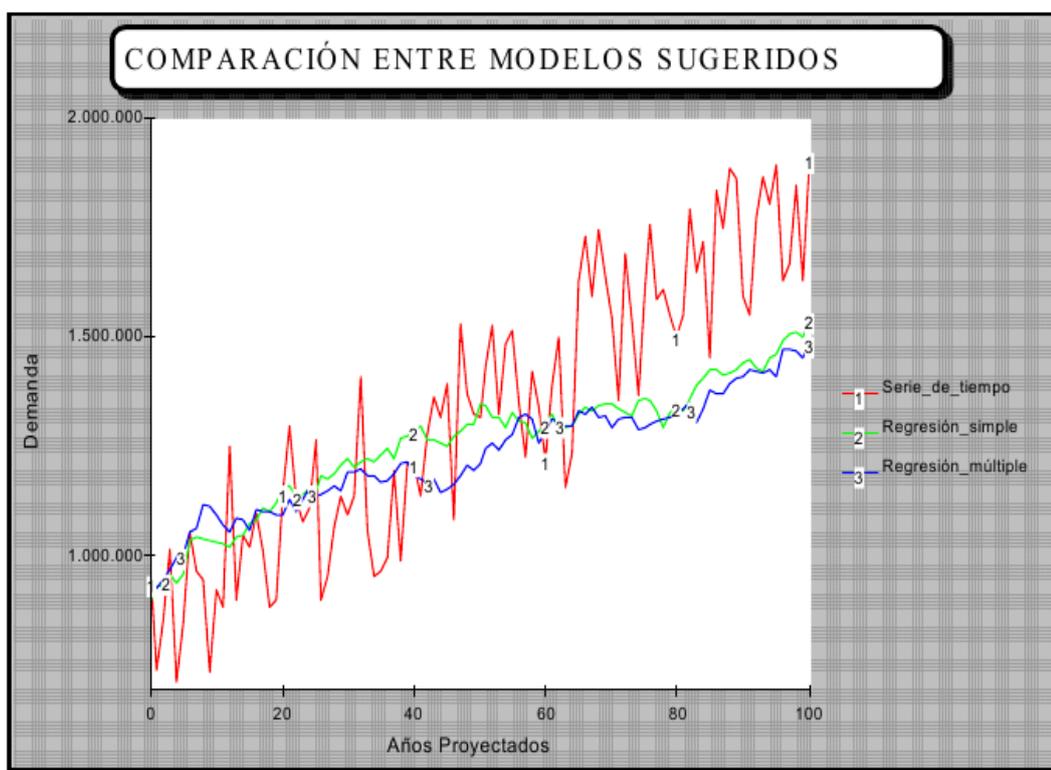


Gráfico No 27. Diagrama comparativo de modelo matemático utilizado para proyección energética a nivel país.

Fuente: Propia

4 CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE OFERTA - DEMANDA ENERGÉTICA EN EL POBLADO DE EL CORAZÓN, EL BARRIO Y EL CARMEN.

4.1 EVALUACIÓN DE FUENTES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS DE ENERGÍA

Con la ayuda de la encuesta se pudo recopilar los datos necesarios para poder realizar un análisis real del consumo energético de los poblados, además de las fuentes primarias y secundarias de energía, utilizadas en los mismos.

Las preguntas 19 Y 22 ayudan a ver el uso de las distintas formas de energía y la pregunta 22 “que forma de energía se ocupa para la elaboración de alimentos y como energía térmica esto es para calentamiento de agua”. En la tabla 4.1 se observa los porcentajes totales de utilización energética.

Tabla No 30. Porcentajes de formas de energía utilizadas

Fuente: Propia

Formas de Energías	
GAS (GLP)	59%
LEÑA	36%
ENERGÍA ELÉCTRICA	5%

Se puede observar que los pobladores en su mayoría utilizan como fuente de energía un derivado de petróleo es decir como energía primaria la energía fósil, y solamente un porcentaje muy bajo la biomasa. Como fuentes de energía secundarias se utilizan tan solo un 5% para cocción de alimentos y carecen de utilidad los otros tipos de energías renovables como la solar, eólica e hidráulica. Esto se debe principalmente por que las vías de acceso a los poblados son de primer nivel y ya no existe mucho problema en conseguir las bombonas de gas.

En si todos los pobladores encuestados tienen energía eléctrica provista del tendido nacional, lo que ha provocado un mejoramiento en la calidad de vida, disminución en el uso de biomasa leña como fuente energética y aprovechamiento de la misma como abono orgánico.

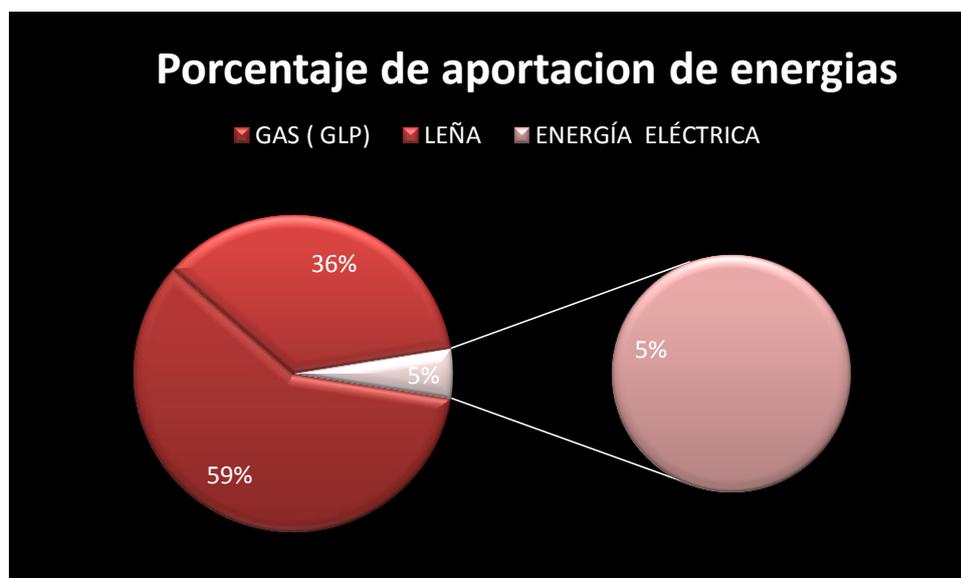


Gráfico No 28. Porcentaje de aporte de Energía

Fuente: Propia

En el grafico anterior se puede ver que la energía eléctrica del tendido nacional, aporta con un 5% en el uso de esta energía para lo referente a cocción y es prácticamente la más usada por los pobladores para alumbramiento y uso de electrodomésticos en su mayoría según lo preguntado en la tesis Numero 10 de la encuesta con un resultado positivo del 100%.

4.2 DATOS ESTADÍSTICOS DEL CONSUMO ENERGÉTICOS.

La población total se compone de la siguiente manera

El Barrio 15 Familias

El Carmen 40 Familias

El Corazón 50 Familias

Es decir el Universo Total es de 105 familias con un promedio de 4 integrantes por familia, es decir de 420 personas aproximadamente, de aquí el uso más común de energía es justamente para la cocción de alimentos y para el calentamiento de agua Sanitaria, como se explicó en párrafos anteriores todos los poblados poseen energía eléctrica y el análisis para este acápite se basa en el uso extra de energía como por ejemplo la energía fósil (GLP), y energía renovable en tipo biomásica (Leña) y también basura orgánica, y estiércol de ganado.

Por medio de la encuesta la pregunta 23 (Cuál tipo de energía prefiere para la elaboración de alimentos?) tiene como objetivo el enfoque de estos datos

y en porcentaje se obtuvo los siguientes resultados, presentados en la tabla resumen No 4.1, además del promedio de consumo eléctrico por kWh

Tabla No 31. Promedio de consumo eléctrico por kWh

Fuente: Propia

12	
PROMEDIO	\$ 9.51

Tabla No 32. Energía preferida para cocinar

Fuente: Propia

23	
GAS	59
LEÑA	36
LUZ ELÉCTRICA	5

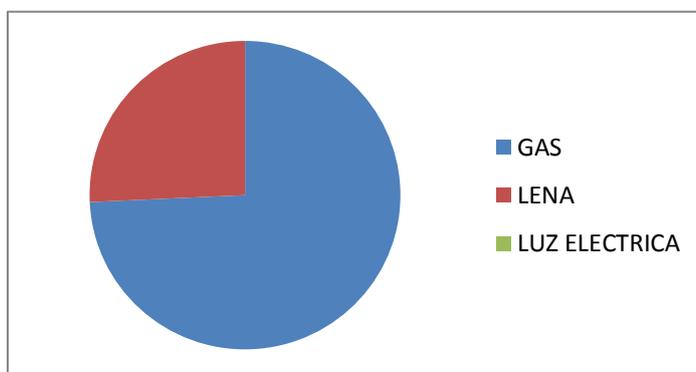


Gráfico No 29. Energía preferida para cocinar

Fuente: Propia

4.3 BALANCE ENERGÉTICO DE LA POBLACIÓN.

El Balance Energético de los poblados, es un micro balance, del balance energético nacional, constituye un instrumento de carácter general y sistemático para la elaboración de planes orientativos y la toma de decisiones del sector. Por otro lado, hace posible comparaciones de la Matriz Energética Nacional a lo largo de los años, como así también, comparaciones a un momento determinado, con otros países, de la región, o a nivel mundial.

A los efectos de determinar su estructura, un Balance Energético es un conjunto de relaciones en equilibrio que ponen de manifiesto todos los mecanismos por los cuales la energía se produce, transforma, consume, etc. Puede observarse que dichas relaciones pueden ser de dos tipos:

Relaciones físicas

Son aquellas que dependen fundamentalmente de las operaciones y los procesos tecnológicos de producción, transformación, etc. (como las ecuaciones de balance; o los rendimientos de las refinerías o centrales eléctricas)

Relaciones estructurales

Son aquellas que tienen que ver con las características propias del mercado energético, como el grado de penetración y/o sustitución entre formas análogas de energía utilizadas en los poblados.

Resulta evidente que mientras las primeras tienen un mayor grado de universalidad, las segundas reflejan el comportamiento socioeconómico y en definitiva político del desarrollo energético del país en general y de los poblados en particular.

El Balance energético se presenta en forma matricial, es decir de aquí es de donde nace la matriz energética de los poblados, pudiendo ser explicitado en la realización de un diagrama de flujo cuyos elementos constitutivos son un conjunto de bloques vinculados por un conjunto de flechas. Las flechas representan los flujos de energía, y los bloques representan producciones, intercambios, procesos de transformación, consumos de energía, como se puede observar en la siguiente figura:

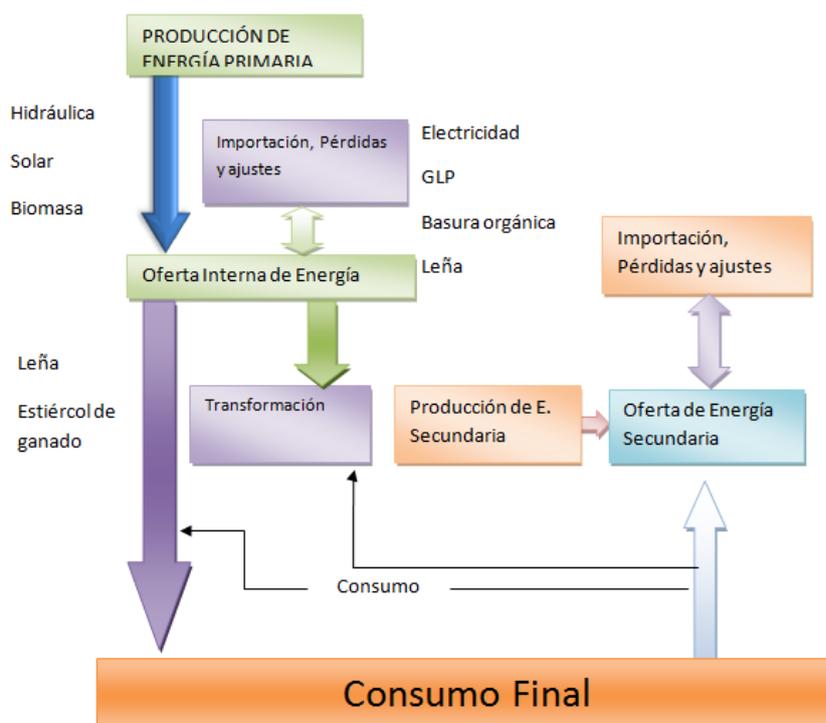


Gráfico No 30. Balance energético

Fuente: Propia

Se entiende por energía primaria a las distintas fuentes de energía en el estado que se extrae o captura de la Naturaleza. Sea en forma directa, como en el caso de las energías hidráulicas, eólica, solar, o después de un proceso de extracción o recolección, como el petróleo, el carbón mineral, la leña, etc. es decir en el caso de los poblados en estudio existe como fuente de energía primaria una participación del 36 % según las encuestas realizadas y el aporte de energía fósil e hidráulica es la que se suministra al país en general y es convertida y transportada por el sistema nacional interconectado.

Energía Secundaria

Son los diferentes productos energéticos (no presentes en la Naturaleza como tales) que son producidos a partir de energías primarias en los distintos centros de transformación, con la finalidad de hacerlas más aptas a los requerimientos del consumo.

Los tipos de energía secundaria consideradas para estos poblados según la encuesta son las siguientes: Electricidad (generada de cualquier recurso), que en este caso llega en un 100% a las familias de estas locaciones, las que lo utilizan para cocción en apenas un 5 %. En cilindros de Gas distribuido por el estado (Gas de Refinería, Gas Licuado), llega prácticamente a un 59 % de uso térmico, es decir para cocina.

Motonaftas (son las naftas obtenidas de la refinación del petróleo y/o del tratamiento del gas natural), Kerosenes (incluye kerosén propiamente de

dicho y turbo combustibles), Diesel y Gas Oil, Fuel Oil, Carbón Residual (se refiere al coque de petróleo), No Energéticos (productos que no se utilizan con fines energéticos aun cuando poseen contenido energético), Gas de coquería (es el gas producido en la coquización del carbón), Gas de Alto Horno (es el gas producido en el proceso de obtención del arrabio), Coque de Carbón (es el coque obtenido de las coquerías siderúrgicas) y Carbón de Leña (obtenido de la pirolisis de la leña o por combustión directa) que en estos tres poblados llega a un 36 % de uso para la obtención de energía térmica.

Para realizar un análisis de la oferta total se puede partir de las siguientes expresiones:

De la Energía Primaria = Producción de energía primaria + importación de energía primaria + Variación de stock (con su signo, pudiendo ser positivo o negativo).

De la Energía Secundaria = Producción de energía secundaria + importación de energía Secundaria + variación de stock (con su signo, positivo o negativo).

La producción, es el total producido, técnica y económicamente utilizable., es así que el balance energético realizado para el poblado se reduce a los porcentajes expresados en el párrafo anterior.

También de la encuesta realizada se obtuvo el valor promedio de USD 9,56 de pago promedio por cartilla de luz, es decir el consumo por hogar será de 120 kWh por hogar, lo que sumado por todas las familias es aproximadamente 12600 kWh por mes que necesitan los tres poblados.

4.4 ANÁLISIS DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LAS FUENTES ENERGÉTICAS

A medida del paso de los tiempos, la matriz energética ha ido variando en las comunidades rurales de Hecho el aprovechamiento de la leña a disminuido, como se pudo ver anteriormente, y actualmente el uso del GLP es común ya que es más fácil su transportación y además el subsidio hace que sea asequible para los estratos pobres rurales, además de que los bosques y ramales se encuentran disminuyendo por el avance de edificaciones y potreros para ganadería.

En el cuadro siguiente se puede observar que prácticamente no existe un sistema de recolección de basura, la misma que en algunos casos es incinerada y en otros enterrada, la pregunta 28 de la encuesta realizada, arrojó los porcentajes de este tipo de recurso que usualmente se desperdicia.

Tabla No 33. Tratamiento de basura

Fuente: Propia

Tratamiento de la Basura	
ES RECOGIDA POR EL SERVICIO DE ASEO URBANO	0.0
SE BOTA EN UN DEPOSITO COLECTIVO	0.0
SE ENTIERRA	7,5
SE QUEMA	65.0
SE BOTA AL RÍO O QUEBRADA	0.0
SE USA COMO ABONO	27,5

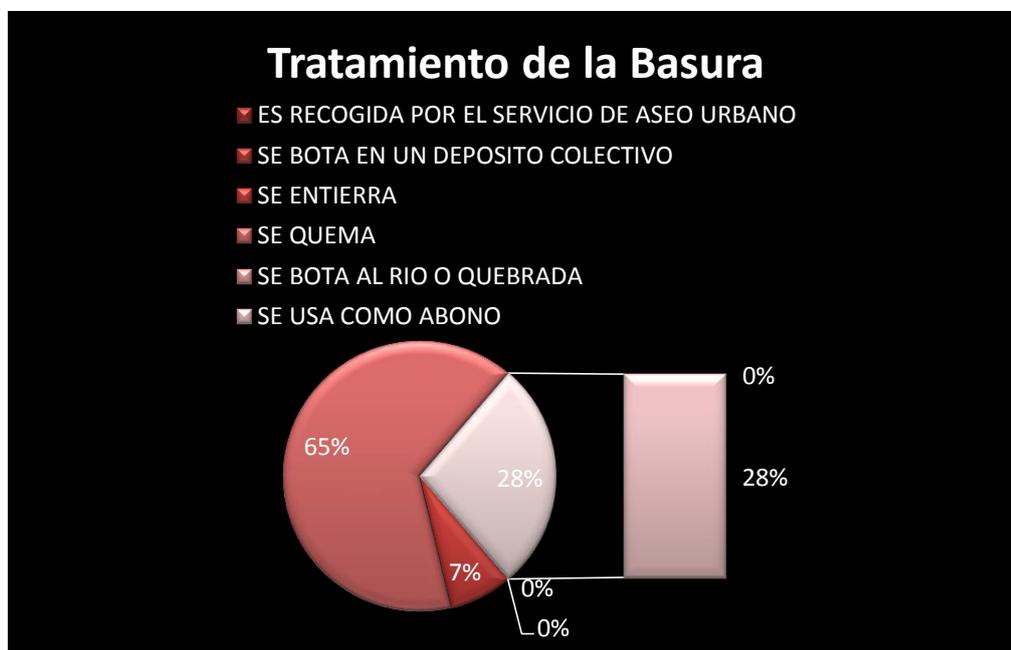


Gráfico No 31. Diferentes tipos de tratamiento de la Basura en los poblados

Fuente: Propia

Así también el uso de los desechos orgánicos de los diferentes tipos de ganados también tienen un uso muy diferente al uso energético, es decir nadie aprovecha el estiércol para la producción de biogás, el mismo que reemplazaría a GLP, utilizando una buena tecnología, así como en el caso anterior, la pregunta No 33 ayuda a ver cuál es la tendencia de la forma de uso del estiércol y es ahí que se observó la falta de cultura energética en la población.

Tabla No 34. Formas de utilización de desechos orgánicos

Fuente: Propia

Formas de utilización de Desechos orgánicos de ganado	
ABONO	82,7%
FUENTE DE ENERGÍA	0
NO UTILIZA	17,3%

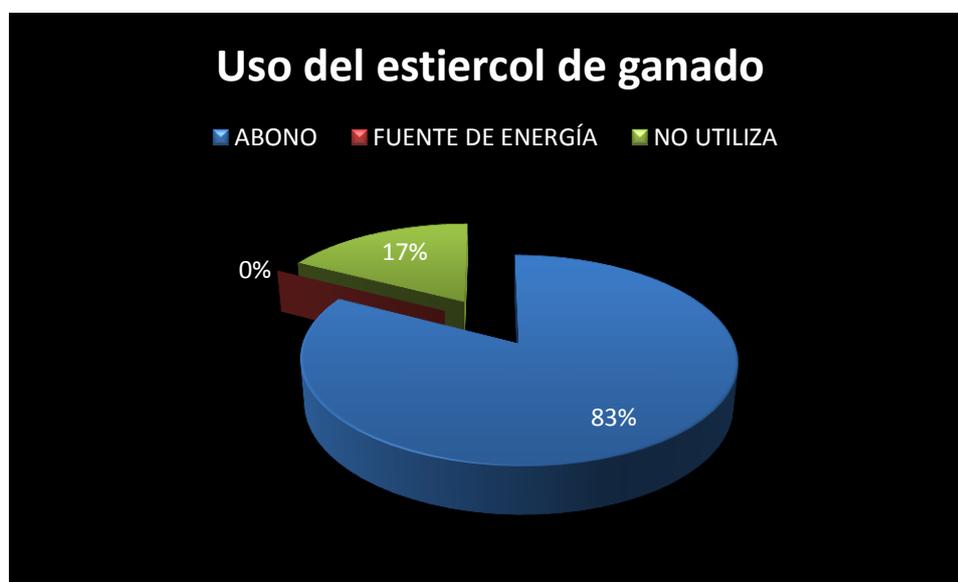


Gráfico No 32. Diferentes tipos de tratamiento del estiércol en los poblados

Fuente: Propia

El 0% del uso como fuente de energía dice mucho sobre el desperdicio energético al que están sometidos estos poblados, y menos aún se podrá hablar de eficiencia ya que al combustionar la basura, enterrarla o usar como abono estos residuos se está desperdiciando un fuente primaria de energía muy grande, que podría traducirse en ahorro y mejoramiento de calidad de vida en forma sostenible y sustentable aparte de amigable con el ambiente.

Una fuente importante de energía para los poblados es la energía solar, puesto que como se vio en las curvas se tiene un promedio mínimo de radiación de 400 w/m² con un promedio de horas sol pico de 4,5, tomando en cuenta que en el Ecuador el promedio es de 5,5 horas.

Con estos datos se puede implantar tranquilamente sistemas de calentamiento de agua y por qué no sistemas fotovoltaicos.

4.5 CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE OFERTA - DEMANDA ENERGÉTICA.

Con los datos obtenidos y después de haber realizado el balance energético, se puede ya por fin realizar el trazo de la curva Oferta demanda, con lo que se obtuvo para cada población los siguientes cuadros

EL BARRIO

Tasa de crecimiento 3.84%



Gráfico No 33. Proyección de demanda de energía de El Barrio en 10 años

Fuente: Propia

EL CARMEN

Tasa de crecimiento 0.48%

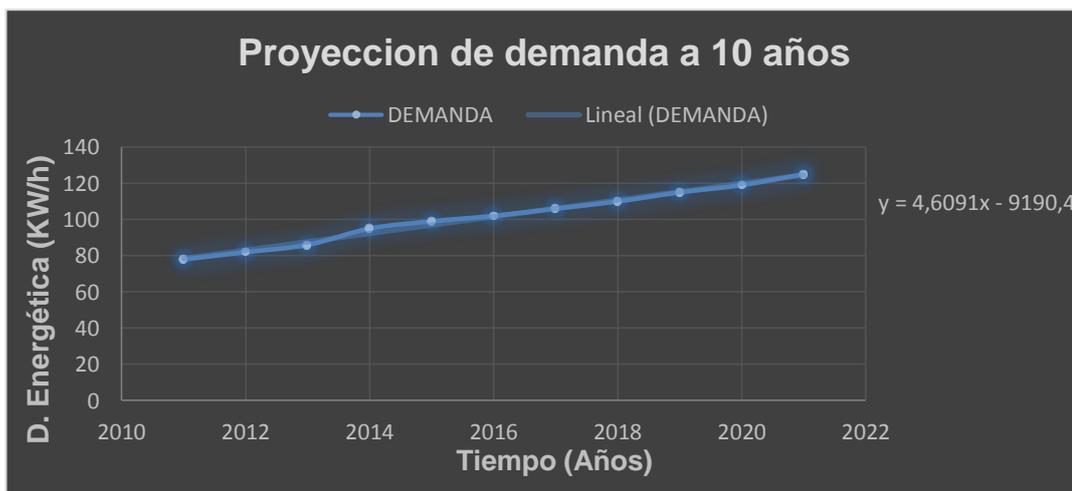


Gráfico No 34. Proyección de demanda de energía de El Carmen en 10 años

Fuente: Propia

EL CORAZÓN

Tasa de crecimiento **0.50%**



Gráfico No 35. Proyección de demanda de energía en El Corazón en 10 años

Fuente: Propia

POBLADOS EL CARMEN, EL BARRIO Y EL CORAZÓN

Tasa de crecimiento **0.65%**

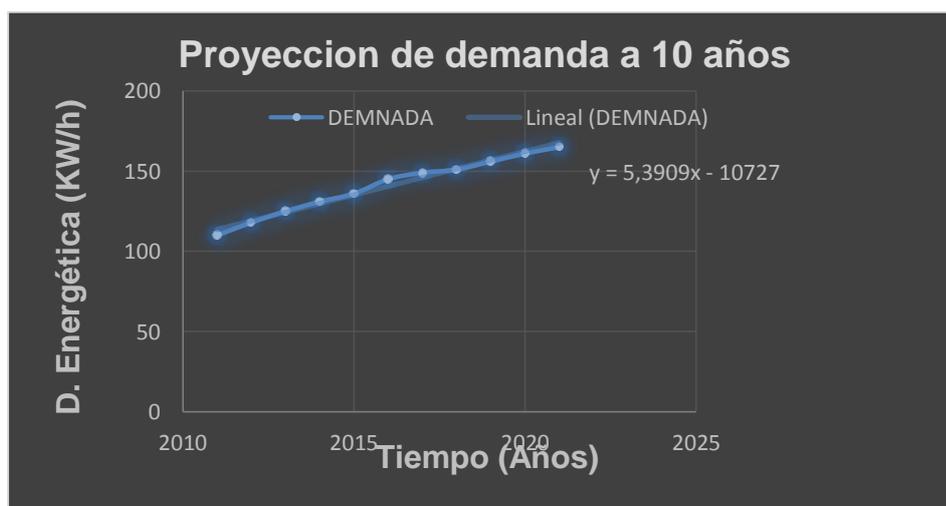


Gráfico No 36. Proyección de demanda de energía de todos los poblados en 10 años

Fuente: Propia

OFERTA ENERGÉTICA TOTAL DE LOS POBLADOS**Gráfico No 37. Proyección de oferta de energía en 10 años**

Fuente: Propia

CAPITULO 5

5 ANÁLISIS Y RESULTADOS DEL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO EN LOS POBLADOS DE EL CORAZÓN, EL BARRIO Y EL CARMEN

5.1 ANÁLISIS ENERGÉTICO

La búsqueda de un equilibrio entre las necesidades de consumo y los recursos existentes son la base de la eficiencia energética, es por esta razón que el crecimiento demográfico se ha transformado en un problema importante, ya que ha significado un aumento considerable de las necesidades de consumo, lo que conlleva a una extracción desproporcionada e inadecuada redistribución de los recursos, contaminación por generación de CO₂, entre otros problemas.

Paralelo a esto la sociedad ha ido acercándose a los ideales de la globalización en donde el acceso a información, recursos y servicios está al alcance de la mayoría. Esto implica de alguna manera que los ideales de consumo (y por lo tanto la ilusión de necesidad) hayan ido cambiando hacia una realidad más homogénea, dejando de lado las tradiciones locales y asimilando tendencias o modas globales. Lo anterior se refleja en un mayor gasto por concepto de traslado de recursos, en la caída de los productores locales que no puedan competir, en una asimetría en la distribución de

ganancias y también en la pérdida de identidad de las localidades más pequeñas como es el caso de los poblados estudiados.

Si bien es cierto que la homogenización de estándares de vida ha significado un aumento en la calidad de vida de las comunidades más alejadas, (como por ejemplo el acceso a agua potable, electricidad, telefonía, medicinas, etc.) no es menos cierto que muchas veces se ha implantado un modelo, no respetando tradiciones, costumbres o ni siquiera modificando variables para ver si los resultados serán los esperados o significarán un retroceso en la comunidad.

La realidad de los asentamientos rurales en Ecuador ha ido cambiando con el paso del tiempo, han tenido una caída del crecimiento demográfico, los sistemas tradicionales de economías locales (agrícolas, mineros, ganaderos), han dado paso a economías basadas en turismo, en conglomerados que manejan grandes extensiones de terreno agrícola o empresas mineras que hacen un trabajo más eficiente en la extracción de los recursos como en el caso de las poblaciones del Barrio y el Carmen. Se suman a estos cambios las transformaciones formales de los asentamientos o localidades, donde se ha alterado la materialidad, la superficie y el entorno de las viviendas, cambiando las condiciones de cómo estas comunidades se relacionaban con su territorio.

Esta investigación evaluó cómo algunos cambios repercutieron en temas más globales (como el gasto energético), en estas comunidades donde

tradicionalmente estos temas estaban resueltos por las costumbres, tradiciones, trazados originales o uso de los materiales locales, los que han pasado a dar lugar a una especie de mimetización a entornos periféricos de ciudades tradicionales.

La sostenibilidad de los proyectos de energéticos está determinada por un grupo de factores subjetivos, o dicho de otra manera, del grado de aceptación primaria por el usuario de acuerdo al grado de satisfacción de las aspiraciones que tienen y los beneficios que prometen los sistemas como son el precio de los sistemas y competitividad de las alternativas. También influyen algunos factores objetivos como son la confiabilidad y durabilidad de los componentes, facilidades técnicas que brindan, necesidades de mantenimiento y disponibilidad de componentes.

Todos estos factores afectan en mayor o menor medida la sostenibilidad, por lo que se hace necesario un estudio de cada uno de ellos a fin de realizar las adecuaciones que garanticen la integralidad de los mismos en un contexto primero sectorial y luego regional determinado. Ampliar la comunicación y divulgación a través de conferencias, charlas, seminarios con los usuarios lograría resultados satisfactorios en la sostenibilidad de los sistemas energéticos renovables que se han instalado en los programas de gobierno.

Existen vías para lograr los diagnósticos y además se pueden crear herramientas interactivas que pueden jugar un papel primordial en la

obtención del éxito como es la divulgación de los materiales didácticos ya obtenidos y los proyectos de educación energético-solar que pueden realizarse dirigido a los niños, jóvenes y adultos utilizando las escuelas, círculos de interés y otras formas de masificación de los programas de ahorro de energía y eficiencia energética impulsados como parte del proceso de vinculación desde la ESPE.

El Sistema de Información Geográfica de Fuentes Renovables de Energía serviría de herramienta de trabajo para el inventario de las fuentes renovables, siendo el estudio presente un comienzo importante para el desarrollo de una nueva matriz energética asegurada por los datos reales y fehacientes tomados in situ en cada población estudiada generando así los respectivos mapas solares y biomásico, que pueden ser alcances de nuevos proyectos.

Es así que como se observó en el capítulo 4 la falta de una cultura en estas zonas, al respecto de la utilización de energías renovables es muy grande, haciéndose necesario que la universidad en unión con el estado emprendan un programa de alfabetización energética para una mejor eficiencia energética y buen uso del recurso, el mismo que está siendo mal utilizado.

5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PROYECCIÓN DE LA OFERTA - DEMANDA

La planificación energética a largo plazo, si bien involucra un grado de incertidumbre en un contexto mundial de cambios cada vez menos predecibles, es una herramienta indispensable para determinar los principales lineamientos y objetivos a seguir. Dicha planificación requiere como insumo relevante el análisis del comportamiento del consumo de energía en el pasado y el desarrollo de una prospectiva energética a partir de la cual, definir el consumo sectorial y consumo por energético.

En este sentido, en base a los datos históricos de consumo de diferentes energéticos, se ha realizado una proyección de la demanda energética hasta el año 2022. Debido a las características estadísticas de los datos históricos utilizados, su relación en el largo plazo y los instrumentos econométricos disponibles, el método de estimación econométrica empleado es el Modelo del Vector de Corrección de Error (VEC) bivalente que captura la interrelación de largo y de corto plazo entre el consumo energético y el Producto Interno Bruto (PIB).

La especificación del VEC exige en primera instancia la verificación de que las variables involucradas sean no estacionarias, pero que exista una combinación lineal entre ellas, que resulte estacionaria. Mediante los test de DickeyFuller Ampliado y de Phillips se comprobó esta hipótesis. Posteriormente, se realizaron los test de EngleGranger y el de Johansen

para verificar la presencia de una relación de cointegración entre estas dos variables, que implica la existencia de una relación de equilibrio de largo plazo entre las 26 mismas, lo que significa que sus tendencias están vinculadas y que no pueden moverse una independientemente de la otra.

En las gráficas siguientes se puede observar estas proyecciones evaluadas en una hoja electrónica y su proyección a 10 años.

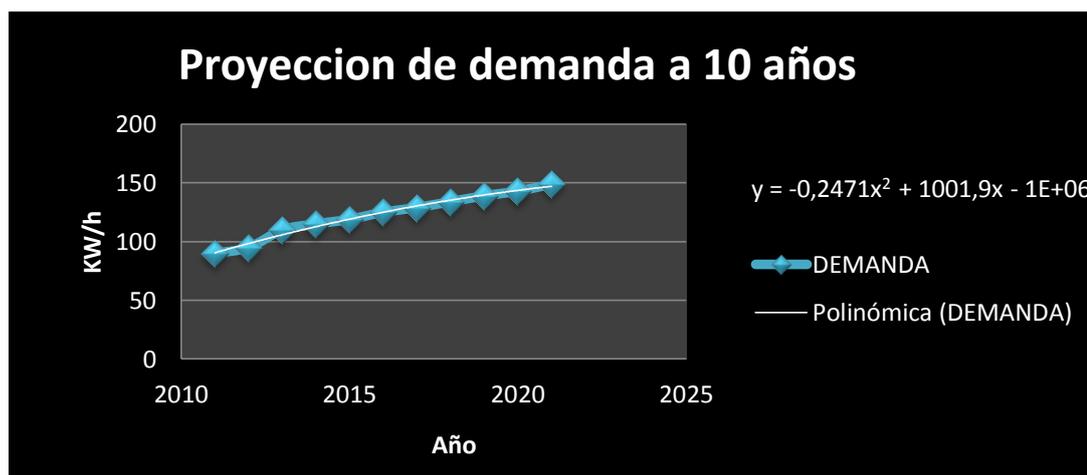


Gráfico No 38. Proyección de demanda a 10 años Global los tres

Poblados estudiados

Fuente: Propia

Poblado EL BARRIO

Tasa de crecimiento 0.48%



Gráfico No 39. Proyección de demanda a 10 años EL BARRIO

Fuente Propia

EL CARMEN

Tasa de crecimiento 0.50%



Gráfico No 41. Proyección de demanda a 10 años EL CARMEN

Fuente: Propia

EL CORAZÓN

Tasa de crecimiento 0.65%

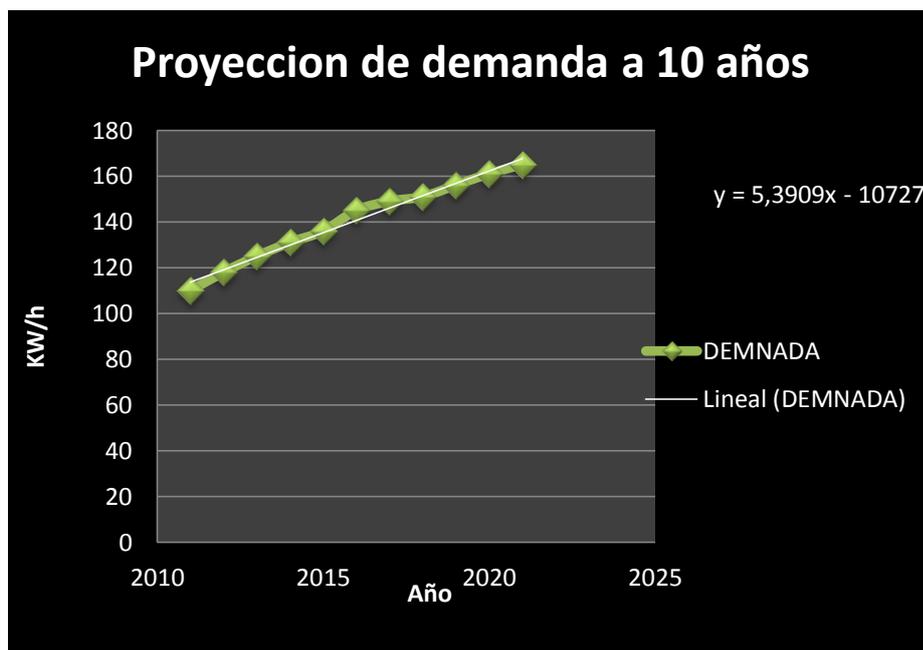


Gráfico No 42. Proyección de demanda a 10 años EL CORAZÓN

Fuente: Propia

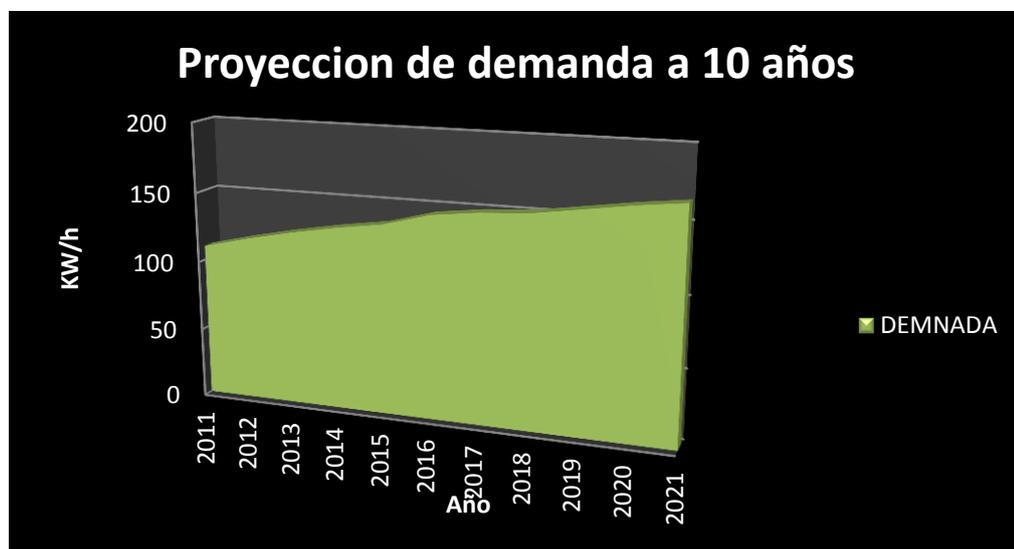


Gráfico No 43. Proyección de demanda a 10 años EL CORAZÓN

Fuente: Propia

Este gráfico muestra la magnitud e impacto del crecimiento logarítmico de la población y por ende la demanda en el poblado

OFERTA ENERGÉTICA

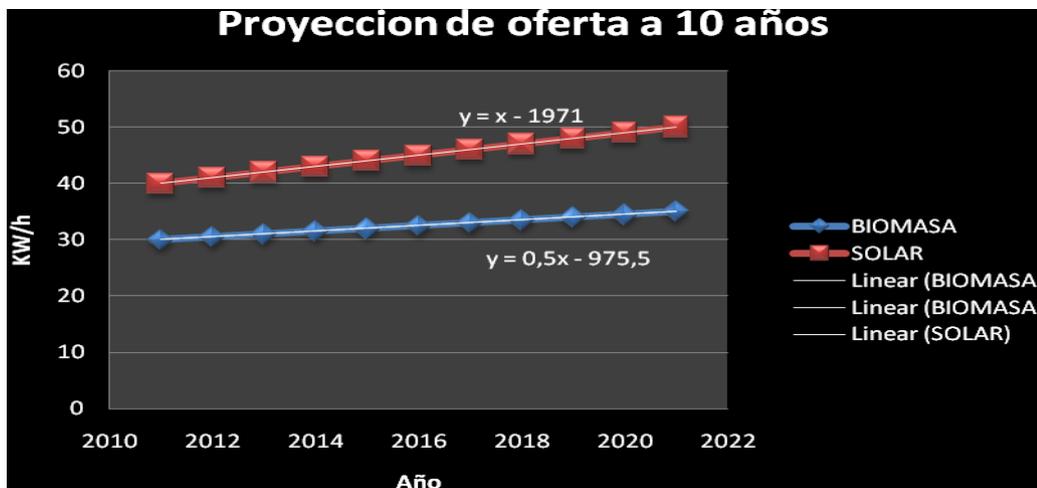


Gráfico No 44. Proyección de oferta a 10 años de los tres poblados tomando en cuenta la energía solar y la biomasa

Fuente: Propia

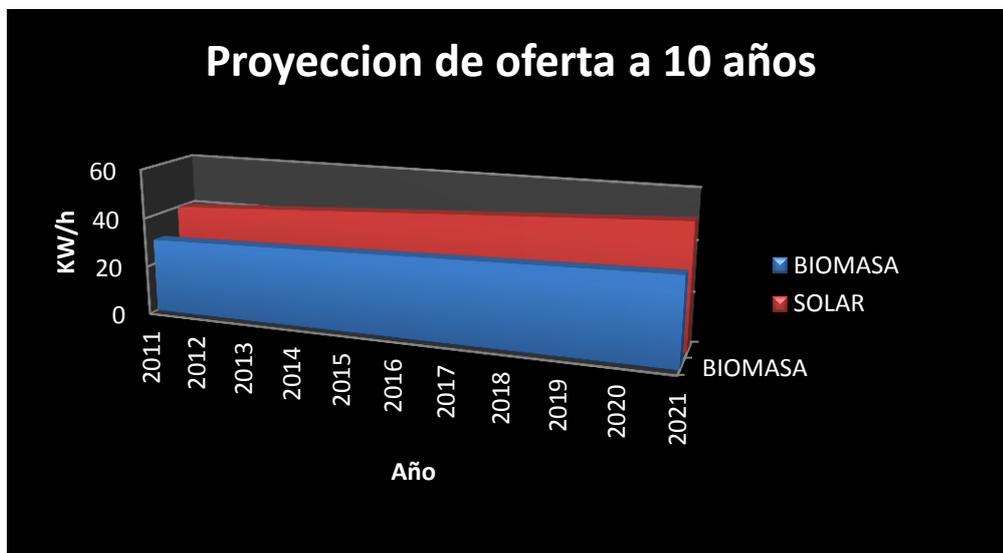


Gráfico No 45. Proyección de oferta a 10 años de los tres poblados tomando en cuenta la energía solar y la biomasa en función de futuros proyectos energéticos.

Fuente: Propia

5.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS FINALES

Las tablas que preceden a este capítulo, es decir de la 3.1 a la 3.17, son tablas ya de datos y resultados, en lo referente a Energía solar, tomando muy en cuenta que los datos que se tomaron con los radiómetros son los considerados como radiación directa y por lo tanto se encuentran en anexos, por lo que no se las vuelve a escribir en este punto.

A continuación se expone los resultados obtenidos acerca del recurso Biomásico. Como fuente importante de biomasa utilizadas en los poblados se tiene:

- Leña.
- Estiércol y desechos de animales
- Basura organica e inorganica.

Pregunta 28. en su vivienda la basura la trata como:

Tabla No 35 Uso de la basura como biomasa

Fuente: Propia

Pregunta 28	
ES RECOGIDA POR EL SERVICIO DE ASEO URBANO	0
SE BOTA EN UN DEPOSITO COLECTIVO	0
SE ENTIERRA	7,5%
SE QUEMA	65%
SE BOTA AL RIO O QUEBRADA	0
SE USA COMO ABONO	27,5%

5.4 PROGRESIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS OBTENIDOS CON PROYECCIÓN PAÍS.

Con el presente trabajo se pretende establecer modelos sobre el comportamiento de la demanda (consumo) energética del Ecuador, con proyección realizada a través de los datos y resultados tomados en los poblados estudiados, las cuales permitirán hacer proyecciones coherentes de la demanda en función del tiempo y de otras variables macroeconómicas relacionadas con el comportamiento de esta variable. Se ha utilizado los siguientes modelos. El modelo llamado econométrico, el cual se basa en una función donde interviene el PIB, que en los últimos dos años ha variado entre 71625 y 15153 millones de USD, los precios de la energía y el ahorro energético. De igual manera que en el capítulo tres en la modelación matemática, se utilizó un modelo matemático de regresión simple y múltiple con variables con una alta correlación y un modelo de series de tiempo que me predice la demanda en función de ella misma.

Las estimaciones sobre la demanda de energía en el Ecuador se han centrado exclusivamente en obtener y analizar la elasticidad precio, variables macro- económicas y simular, con estos resultados, diversos escenarios de política ambiental. Desde luego, las simulaciones realizadas dependen crucialmente del valor de los parámetros utilizados, la calidad de los datos y los supuestos de comportamiento futuro de estas variables.

El modelo econométrico es un modelo sectorial de previsión de demanda a corto y medio plazo, desarrollado por la Comisaría de la Energía y Recursos Minerales de España, para ser aplicado al conjunto del Sector Energético.

El modelo parcela, la economía en sectores, estudia la distinta participación de cada uno de ellos en un momento dado en el conjunto nacional y le aplica la relación consumo energético sectorial/valor añadido bruto sectorial. Por lo tanto el consumo total de energía en el futuro dependerá de las expectativas económicas y energéticas de cada sector y del peso relativo de cada uno de ellos en el conjunto económico nacional.

Una vez tomadas en consideración todas las variables que influyen en el consumo de Energía final para el sector i quedará especificado el modelo:

$$e_i = x_i^* \cdot c_i^* \cdot \text{PIB}$$

Ec.5.1

Donde e_i es el consumo de energía en ese sector.

x_i^* es el nuevo peso (considerando el precio de la energía)

c_i^* es el nuevo consumo eficaz proyectado (considerando el ahorro energético)

Ahora sumando todos los sectores se tendrá la expresión del consumo total de energía final que en su forma más general será:

$$E_f = \sum_{i=1}^n x_i^* \cdot C_i^* \cdot \text{PIB}$$

Ec.5.2

RESULTADOS

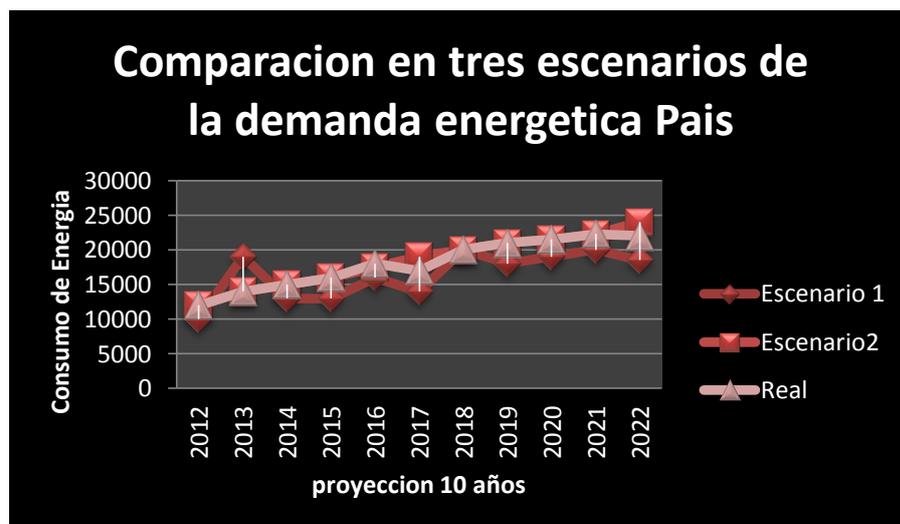


Gráfico No 46. Comparación en tres escenarios de la demanda energética del País

Fuente: Propia

El gráfico representa los valores reales del consumo de energía a través del tiempo, de lo siguiente podemos concluir que el escenario 1 (sin considerar el precio y ahorro energético) tienen la misma tendencia de los valores reales, pero el escenario 2 donde interviene el precio y el ahorro energético, se obtiene una serie que varía en determinado tiempo, suponiendo que en el sector energético existen cambios bruscos de los precios de la energía, por lo cual la población ecuatoriana se restringe en satisfacer su demanda y se someterá a un ahorro más profundo.

La demanda energética tiene una tendencia exponencial, es decir que cada año se incrementa a un promedio de 7.06% anual.

CAPITULO 6

6 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

6.1 ANÁLISIS ECONÓMICO.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

6.1.1 COSTOS INDIRECTOS

Tabla No 36. Misceláneos

Fuente: Propia

Descripción	Costo
	Total
Materiales de Oficina	50
Servicios Básicos (Luz, agua, teléfono)	80
Internet	50
Transporte	100
Impresiones	50
Copias	30
Suministros varios	50
TOTAL (1)	410

6.1.2 COSTOS DIRECTOS

Tabla No 37. Renta y materiales de equipos

Fuente: Propia

	DETALLE	PROVEEDOR	CANTIDAD	UNIDAD	V. UNITARIO	V.TOTAL
1	Heliómetro	ESPE	1	H. SOL PICO	150	150
2	Pirheliómetro	ESPE	1	w/m ²	150	150
3	Anemómetro	ESPE	1	m/s	150	150
4	Termómetro	ESPE	1	% Humedad	30	60
				TOTAL (2.1)		510

Tabla No 38. Total general

Fuente: Propia

		TOTAL
1. COSTOS INDIRECTOS		
	MISCELÁNEOS	410
	Total Costos Indirectos	410
2. COSTOS DIRECTOS		
	ADQUISICIÓN DE MATERIALES Y EQUIPOS	900
	Total Costos Directos	510
3. IMPREVISTOS (5% de la suma de 1 y 2)		46
4. TOTAL GENERAL		966

6.2 ANÁLISIS FINANCIERO.

Al ser el Presente proyecto un estudio y no un proyecto de inversión, no se pueden tener datos de rentabilidad del mismo, es decir el análisis del TIR y del Van no se los debe ni puede calcular.

CAPITULO 7

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES.

- La investigación se centró en comparar datos de consumo y relaciones entre variables que lo afectan entre dos grupos diferenciados de viviendas.
- Se pudo observar la realidad de las poblaciones rurales existentes en la región sierra, y hacer una proyección del consumo energético a nivel del País
- Por medio de la información recopilada, el adecuado procesamiento de ellos, y los resultados presentados y analizados en los capítulos anteriores, es procedente concluir que los modelos matemáticos propuestos constituyen un acercamiento a la realidad energética de los poblados estudiados y que la proyección de la demanda de energía es fundamental para la planificación económica y para establecer planes y programas de consumo y ahorro energético en zonas rurales.
- Se pudo observar que el conocimiento sobre el aprovechamiento de recursos energéticos en estos poblados es muy escaso por lo que existe un desperdicio bárbaro del mismo.
- Se determinó que el número de sol horas pico es de 4.5 por lo que se puede emplear la tecnología de paneles fotovoltaicos.
- En cuanto a la cantidad de biomasa se tiene la suficiente ya que al

analizar la cantidad de solo ganado vacuno cada casa podría tener por lo menos un biodigestor del tipo tubular como se encuentra en anexos ya que tiene mejor eficiencia para la zona.

7.2 RECOMENDACIONES.

- Se propone complementar este estudio con la medición de la importancia en el consumo energético de los factores de control solar como arboledas, parrones y espacios intermedios, que aparte de significar un ahorro energético aportan una visión de cómo relacionarse con el entorno y de generar un vínculo social del que carecen las viviendas rurales, incluso el diseño de la urbanización de los lotes podría incluir (de una manera más efectiva) estos elementos que ayudan al arraigo entre habitante y lugar.
- Se recomienda trabajar en la difusión de estos datos con los gobiernos seccionales, provinciales y brindar el apoyo necesario para el desarrollo de proyectos de envergadura.
- Es importante no perder el horizonte general para poder complementar esta investigación con otras que ayuden a generar un marco teórico que permita incentivar planes de gobierno que se orienten hacia la valorización del entorno construido de los pueblos rurales en el país.

CALCULO DE ENERGIA EN PANELES SOLARES

En promedio una familia de estos sectores en estudio, pagan mensualmente en promedio \$11.42 dólares, por un consumo básico de energía eléctrica.

Esto quiere decir que mensualmente consumen 119 kWh, por lo que debemos generar 3966.7 Wh por día.

Panel Solar SHARP ND-R250A5

PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO TYNSOLAR TYN 85S5	
CÉLULAS	
TECNOLOGIA	SILICIO POLICRISTALINO
NÚMERO DE CÉLULAS	36
DIMENSIONES	125 X 125 mm
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES	
Dimensiones L x W x H	1206 x 552 x 50 mm
Peso	8.0 KG
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Potencia Máxima Pmax	85W
Tensión de circuito abierto Voc	21.96 V
Tensión punto máx. potencia Vmpp	18.22 V
Intensidad de cortocircuito Isc	5.06 A
Intensidad de punto máx. Potencia Impp	4.67 A

En condiciones estándar (STC) Irradiancia 1000W/m², AM 1.5, temperatura de la célula 25°C

Tomamos un factor de deterioro de la potencia de salida de: 0.6% /°C sobre 25°C.

$$T_{\text{trabajo del panel}} = 17.6^{\circ}\text{C} + \left(0.2 \frac{\text{C. cm}^2}{\text{mW}} \times 80 \frac{\text{mW}}{\text{cm}^2} \right) = 33.6^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 33.6^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 8.6^{\circ}\text{C}$$

$$P_{\text{salida}} = 85\text{W} - \left(85 \times \frac{0.6\%}{\text{C}} \times 8.6 \right) = 80.6\text{W}$$

$$E_{\text{generada}} = 80.6\text{W} \times 5.9 \frac{\text{h}}{\text{d}} = 475.54\text{ Wh/d}$$

Según las características técnicas del panel solar, tiene una eficiencia de conversión solar del 15.9%.

En este caso, tomando los valores máximos de temperatura y potencia que genera, se produce una eficiencia del 94.82%, ahora el 15.9% de conversión representa el 100% de potencia generada de los paneles.

Entonces, con el 94.82% tenemos que la eficiencia de conversión será de 15.07%

CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES

La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente fórmula:

$$W_p = 1200 \times \frac{E_d}{I_d}$$

Donde:

W_p = es potencia pico del panel

E_d = consumo de electricidad (kWh/día)

I_d = Irradiación (kWh/m²/día)

Por lo tanto determinaremos la cantidad de paneles que debemos utilizar para los dos tipos de paneles seleccionados:

$$W_p = 1200 \times \frac{3.97}{3.98} = 1196.98 \text{ Watts pico}$$

Electrodoméstico	Wafios	kWh	Electrodoméstico	Wafios	kWh
Aire acondicionado grande	5000	5,00	Aire acondicionado pequeño	2000	2,00
Bombillo 100	100	0,10	Bombillo 150	150	0,15
Bombillo 60	60	0,06	Cafetera	800	0,80
Calentador de agua	2200	2,20	Computador	800	0,80
Congelador grande	800	0,80	Congelador pequeño	400	0,40
Enfriador grande	500	0,50	Enfriador pequeño	350	0,35
Equipo de sonido	150	0,15	Extractor	300	0,30
Extractor jugo eléctrico	180	0,18	Fotocopiadora	1500	1,50
Grabadora	100	0,10	Greca	1500	1,50
Horno eléctrico	4500	4,50	Horno micro ondas	1800	1,80
Impresora	300	0,30	Lavadora/secadora	1500	1,50
Nevera	300	0,30	Nevera panorámica	1080	1,08
Olla Eléctrica	1200	1,20	Plancha	1000	1,00
Sandwichera	1200	1,20	Secador de cabello	400	0,40
Teléfono inalámbrico	100	0,10	Televisor	150	0,15

Grafico No 47. Consumo de Energía Eléctrica de Electrodomésticos

Fuente: Electrificadora del Meta S.A. E.S.P.© Villavicencio, Meta – Colombia

Tabla 39. Consumo de Energía Eléctrica de un hogar Promedio en el Poblado de El Barrio

Fuente: Propia

Electrodomesticos	Cantidad	Consumo	Tiempo	Potencia Total	Intensidad
		KW/h	h	W	A
Bombilla 100W	5	0,10	3,00	1500,00	12,50
Licuadaora	1	0,30	0,66	198,00	1,65
Plancha	1	1,00	2,00	2000,00	16,67
Refrigeradora	1	0,12	3,00	360,00	3,00
Telivisor	1	0,15	3,00	450,00	3,75
Radio	1	0,10	3,00	300,00	2,50
Horno de Microndas	1	1,80	0,15	270,00	2,25
Ducha Electrica	1	2,20	0,50	1100,00	5,00
			Total	6178,00	47,32

Una familia promedio del Poblado de El Barrio consume 47,32 A en las 3 horas de pico de consumo, lo que quiere decir que las 15 familias consumen 709,75 A, la batería a utilizarse es de 40 Ah, (En 6 h a 80% de eficiencia aporta 40 A), con lo que se necesita 18 baterías, para abastecer el amperaje en el poblado, con lo que se necesitaran 18 paneles Fotovoltaicos.

ANEXO A 3

CALCULO DE UN BIODIGESTOR

La producción de biogás será el resultado de multiplicar la carga de estiércol diaria por el número mágico.

CONSUMO DE BIOGAS

El biogás producido se emplea normalmente como sustituto de la leña, bosta seca o gas de garrafa, para cocinar. El poder calorífico del biogás es menor al del butano o propano e implica que se tarda en cocer más tiempo los alimentos que cuando se hace con gas natural o de garrafa. El consumo de una cocina domestica normal se puede estimar en 130-170 litros por hora.

1000 litros(1 m ³) de biogás equivale a:	
Madera	1.3 kg
Bosta seca	1.2 kg
Alcohol	1.1 litros
Gasolina	0.75 litros
Gas-oil	0.65 litros
Gas natural	0.76 m ³
Carbón	0.7 kg
Electricidad	2.2 Kw/h

El biogás también se puede emplear para la iluminación en lámparas de gas comerciales. El consumo de estas lámparas varía según el fabricante, pero se puede considerar un consumo de 90 a 130 litros por hora.

Cuando se produce gran cantidad de biogás este se puede emplear en calefacción, e incluso conectarlo a un motor.

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS (m³/KgSV m³ día)

La producción de biogás diaria depende de la cantidad de sólidos volátiles que haya en la carga de estiércol. Por ello, para conocer la producción de biogás es necesario conocer previamente la cantidad de estiércol que se va a introducir diariamente al biodigestor, se debe determinar la cantidad de sólidos totales que hay en el estiércol (multiplicando Kg de estiércol por 0.17), y a partir de ese resultado, se estima los sólidos volátiles (multiplicando los sólidos totales por 0.77). Conocidos los sólidos volátiles, dependiendo del tipo de estiércol que se esté empleando, la producción de biogás será mayor o menor.

Ganado	Factor de producción	Factor general
Cerdo	0.25-0.50	0.39
Bovino	0.25-0.30	0.27

EJEMPLO DE ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

En el primer ejemplo de diseño de un biodigestor, se tenía una carga diaria de estiércol de 32.5 kg, y el volumen líquido del biodigestor era 5.850 m³.

Para estimar el biogás producido es necesario partir de la carga de estiércol, que en este caso es de 32.5 kg. Los sólidos totales, por tanto, serán:

$$ST = \text{carga diaria} \cdot 0.17 / VL = 0.943 \text{ Kg/m}^3$$

Los sólidos volátiles serán:

$$SV = ST \cdot 0.77 = 0.726 \text{ kg/m}^3/\text{día}$$

La producción de biogás será:

$$PB = 0.27 \cdot SV = 0.196 \text{ m}^3 \text{ biogás/m}^3\text{VL/día}$$

Que para un biodigestor con un VL de 5.850 m³ significa que cada día se va a producir 1.148 m³ o 1.148 litros de biogás (PB·VL=1.148 m³).

BIBLIOGRAFÍA

- Brooks, & Miller, W. (1963). *Introduction To The Utilization Of Solar Energy*. New York: Mcgraw-Hill.
- Bugler, J. (1977). *Determination Of Hourly Insulation On An Inclined Plane Using A Diffuse Irradiance Model Based On Hourly Measured Global Horizontalinsu-Lation*. Solar Energy, Vol. 20.
- Correa, J. M. (2003). *Modelación Energética Del Ecuador. Modelo Estadístico Procer.*, (P. 10). Quito.
- Damien, A. (2010). *Fundamentos Tecnologías Y Aplicaciones*. Buenos Aires.
- Diez, P. F. (2005). *Procesos Termosolares En Baja Media Y Alta Temperatura*. Redsauce.
- H, G. G. (2002). *Acerca De La Distribución De La Heliofanía En Argentina. Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente*. Buenos Aires: Argentina.
- Hurtado, J. S. (2001). *Cálculo De Los Parámetros De Un Modelo Matemático Para Estimación De Radiación Solar Directa En Bogotá. Revista Colombiana De Física*, 370-375.
- Page, J. (1976). *Methods For The Estimation Of Solar Energy On Vertical And Inclined Surfaces*. Shelffield: Faculty Of Architectural Studies, Univ. Of Shelffield.

- Ruiz, J. A. (2000). *Sistemas De Ingeniería, Modelación Matemática* .
La Habana: Félix Narela.
