



Convenio Universidad de Cuenca – Empresa Eléctrica Centro Sur C.A.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



# “REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS TERMO-SOLARES PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA EN VIVIENDAS DOMICILIARES EN EL CANTÓN CUENCA”

Tesis previa a la obtención  
del Título de Ingeniero  
Eléctrico.

AUTORES:

Juan Xavier Andrade Guerrero.  
Pedro Luis Ochoa Guillén.

DIRECTOR:

Ing. Juan Leonardo Espinoza, Dr.

Tutores:

Ing. Edgar Cherrez.  
Ing. Patricio Quituisaca.

CUENCA - ECUADOR

NOVIEMBRE DE 2013



## **Resumen.**

La investigación se realizó en el cantón Cuenca durante el periodo 2012-2013, de allí que el propósito de ésta tesis consistió en la reducción del consumo de energía eléctrica de los clientes residenciales de la CENTROSUR en la horas de máxima demanda, utilizado para calentamiento de agua sanitaria residencial, mediante la implementación de sistemas termo – solares. Para ello fue necesario determinar la situación energética actual del Ecuador, seguido se realizó un análisis técnico del sistema termo-solar más adecuado para el cantón Cuenca, así como la ubicación e implementación estratégica, una vez obtenido estos datos se determinó el área de estudio de los clientes residenciales de la CENTROSUR, para lo cual fue necesario ubicar el lugar con mayor concentración poblacional centrandolo el área de estudio en las parroquias urbanas del cantón Cuenca, en donde se realizaron encuestas para estimar el consumo de energía para el calentamiento de agua por familia siendo un 30,27% el número de clientes que utilizan ducha eléctrica frente a un 69,73 % que utilizan GLP, con estos resultados se obtuvo la reducción de consumo de energía eléctrica y GLP así como la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, finalmente se determinó mediante un análisis económico-financiero la factibilidad de implementar éste sistema, para lo cual se crearon posibles escenarios de reemplazo siendo uno de los más viables el reemplazo de paneles termo-solares por calentadores a gas tomando en cuenta el cilindro de GLP de 15kg no subsidiado.



## **Abstract.**

The research was conducted in the canton of Cuenca during the period 2012-2013, hence the purpose of this thesis was the reduction of energy consumption of residential customers CENTROSUR in peak hours, used for heating residential domestic water by implementing thermal systems - solar. It was necessary to determine the current energy situation Ecuador , followed technical analysis was performed thermo -solar system most suitable for the canton of Cuenca , and the location and strategic implementation , once obtained these data we determined the study area residential customers CENTROSUR , for which it was necessary to locate the place with the highest population concentration area of study focusing on urban parishes in the canton of Cuenca , where surveys were conducted to estimate the energy consumption for water heating per family still a 30.27% the number of customers using electric shower compared to 69.73 % using LPG , these results were obtained with reduced power consumption and LPG and reduction of CO2 emissions , finally determined through economic analysis and financial feasibility of implementing this system , for which replacement scenarios created to be one of the most viable replacement solar thermal panels for gas heaters considering the 15kg LPG cylinder not subsidized .

## **Palabras clave.**

Reducción, Consumo de energía eléctrica, cantón Cuenca, termo-solar, ducha eléctrica, GLP, CENTROSUR, calentamiento, radiación solar, radiación solar plano horizontal, radicación solar plano inclinado,



## INDICE

CAPITULO 1. LA ENERGÍA Y SUS USOS EN EL ECUADOR .....	24
JUSTIFICACIÓN .....	24
1.1 INTRODUCCIÓN .....	25
1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	26
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	26
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	26
1.3 ESTADO ENERGÉTICO ACTUAL DEL ECUADOR .....	27
1.3.1 PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA EN EL ECUADOR.....	27
1.3.2 COBERTURA ELÉCTRICA.....	28
1.3.3 PRINCIPIOS PARA EL CÁLCULO DE TARIFAS .....	29
1.3.4 DEMANDA DE ENERGÍA.....	29
1.3.5 DEMANDA DE POTENCIA .....	30
1.3.6 CAPACIDAD INSTALADA.....	31
1.3.7 PROYECCIÓN DE LA OFERTA EN LA GENERACIÓN AL 2021 .....	31
1.3.8 SITUACIÓN ACTUAL DE LA DEMANDA Y COMERCIALIZACIÓN DEL GLP EN ECUADOR .....	34
CAPITULO 2CAPITULO 2. ANALISIS TÉCNICO .....	36
2.1 INTRODUCCIÓN .....	37
2.2 CONCEPTOS BÁSICOS.....	38
2.2.1 EL SOL.....	38
2.2.2 ENERGÍA SOLAR.....	40
2.2.3 RADIACIÓN SOLAR.....	41
2.2.3.1 Radiación Electromagnética.....	41
2.2.3.2 Viento Solar .....	42
2.2.4 RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE.....	42
2.2.5 RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE.....	44



2.2.6	DECLINACIÓN DE LA TIERRA. ....	46
2.2.7	POSICIÓN DEL SOL [5].....	48
2.2.7.1	Posición del Sol coordenadas angulares.....	50
2.2.8	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y TÉRMICA .....	51
2.2.8.1	Energía Solar Fotovoltaica .....	51
2.2.8.2	Energía Solar Térmica .....	52
2.3	CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA .....	53
2.3.1	SISTEMAS TERMOSOLARES DE BAJA TEMPERATURA. ....	54
2.3.2	FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA TERMOSOLAR. ....	55
2.3.2.1	Colector .....	55
2.3.2.2	El tanque.....	58
2.3.2.3	Las Tuberías .....	58
2.3.2.4	El efecto termosifón .....	58
2.4	ANÁLISIS DE RADIACIÓN SOLAR EN LA CIUDAD DE CUENCA- ECUADOR .....	59
2.4.1	IRRADIACIÓN SOLAR SOBRE PLANO HORIZONTAL.....	60
2.4.2	IRRADIACIÓN SOLAR SOBRE PLANO INCLINADO .....	65
2.5	UBICACIÓN E IMPLEMENTACION ESTRATÉGICA DE LOS SISTEMAS TERMO-SOLARES RESIDENCIALES.....	69
2.5.1	ORIENTACIÓN DE LOS PANELES .....	69
2.5.2	ADQUISICIÓN DE LOS EQUIPOS .....	71
2.5.3	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA SOPORTE .....	71
2.5.4	ANCLAJE Y CIMENTACIÓN.....	72
CAPITULO 3	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DEL CANTÓN CUENCA .....	75
3.1	CLIENTES DE LA CENTRO SUR.....	78
3.2	DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA ESTADÍSTICA PARA LA INVESTIGACIÓN .....	81



3.2.1 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA .....	81
3.2.2 MUESTREO DE POBLACIONES .....	83
3.2.3 Muestreo Aleatorio Estratificado .....	84
3.3 ENCUESTAS .....	87
3.3.1 RESULTADOS GENERALES .....	88
3.4 CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA .....	100
3.4.1 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	100
3.4.2 CONSUMO DE G.L.P. ....	100
3.5 CALCULO DE EMISIONES DE TONELADAS DE CO <sub>2</sub> .....	101
CAPITULO 4. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO.....	105
4.1 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	105
4.1.1 COSTO DEL GAS .....	105
4.1.2 COSTO DE SISTEMA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	106
4.1.3 COSTO DE PANELES SOLARES.....	106
4.1.4 COSTO DE INSTALACIÓN Y SOPORTE .....	107
4.1.5 COSTO TOTAL DEL SISTEMA TERMO SOLAR .....	107
4.1.6 INGRESOS DEL PROYECTO.....	108
4.2 ESTUDIO DE AHORRO ECONÓMICO AL ESTADO POR MOTIVO DE LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	108
4.3 ESTUDIO DE AHORRO ECONÓMICO AL ESTADO POR MOTIVO DE LA REDUCCIÓN DE GLP .....	110
4.4 INGRESO DE CAPITAL AL ESTADO POR IMPLEMENTACIÓN DE UN CERTIFICADO DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> (CERS) .....	113
4.5 ANALISIS FINANCIERO .....	114
4.5.1 MÉTODOS DINÁMICOS DE EVALUACIÓN.....	114
4.5.1.1 Criterio del valor actual neto (VAN) .....	114



4.5.1.2 Tasa interna de retorno (TIR).....	115
4.5.2 ANALISIS DE FACTIBILIDAD MEDIANTE ESCENARIOS .....	116
<b>CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>127</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXO 4.....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO 5.....</b>	<b>130</b>
<b>ANEXO 6.....</b>	<b>131</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>138</b>

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 1 Demanda Máxima de Potencia - CENACE, 2013 .....	30
Tabla 1 2 Proyectos considerados en los estudios del PME 2012 – 2021 .....	33
Tabla 2 1 Rangos de frecuencia del Espectro Electromagnético - El Espectro Electromagnético y sus Aplicaciones, Bernardo Fontal, 2005.....	42
Tabla 2 2 Factor de Albedo para diferentes superficies - <a href="http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/6839/06Nvm06de17.pdf?sequence=7">http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/6839/06Nvm06de17.pdf?sequence=7</a> .....	46
Tabla 2 3 Valores medios de la declinación según día tipo - Ingeniería sin Fronteras.....	47
Tabla 2 4 Irradiación Solar sobre Plano Horizontal con Datos de diferentes Fuentes – Elaboración Propia .....	65
Tabla 2 5 Irradiación Solar sobre Plano Inclinado con diferentes Fuentes - Elaboración Propia .....	67
Tabla 2 6 Resumen de Datos de Irradiación Solar sobre superficie inclinada con diferentes Fuentes - Elaboración Propia .....	68



Tabla 3 1 Cantones de la Provincia del Azuay - Elaboración Propia.....	75
Tabla 3 2 Número total de clientes de la CENTROSUR – Elaboración Propia .....	80
Tabla 3 3 Clientes y consumos de las parroquias urbanas residenciales servidas por la CENTROSUR - Base de datos de la CETROSUR, 2012 .....	80
Tabla 3 4 Número de Clientes y Consumos por estrato del sector residencial del cantón Cuenca – Base de datos de la CENTROSUR, 2012. ....	81
Tabla 3 5 Numero de Muestras por Estrato – Elaboración Propia. ....	86
Tabla 3 6 Número de personas que conforman el núcleo familiar. - Elaboración Propia.....	89
Tabla 3 7 Promedio del consumo de cilindros/mes - Elaboración Propia.....	91
Tabla 3 8 Numero de cilindros/mes - Elaboración Propia .....	91
Tabla 3 9 Antigüedad del equipo - Elaboración Propia .....	93
Tabla 3 10 Frecuencia de baño semanal en un hogar promedio - Elaboración Propia.....	94
Tabla 3 11 tiempo promedio de baño - Elaboración Propia .....	96
Tabla 3 12 Hora típica de baño - Elaboración Propia.....	97
Tabla 3 13 Consumo de energía eléctrica para calentamiento de agua - Elaboración Propia .....	100
Tabla 3 14 Consumo de G.L.P. para calentamiento de agua - Elaboración Propia .....	101
Tabla 3 15 Calculo de Emisiones de CO2 por familia - Elaboración Propia.....	102
Tabla 3 16 Calculo de Emisiones de CO2 por mes, por calentamiento de agua, de los clientes residenciales urbanos de la CENTROSUR del Cantón Cuenca - Elaboración Propia. ....	102
Tabla 3 17 Calculo de Emisiones de CO2 por año, por calentamiento de agua, de los clientes residenciales urbanos de la CENTROSUR del Cantón Cuenca - Elaboración Propia. ....	102
Tabla 3 18 Calculo de la reducción de emisiones de CO2 por mes, por calentamiento de agua, de los clientes residenciales urbanos de la CENTROSUR del Cantón Cuenca - Elaboración Propia. ....	103





Tabla 3 19 Calculo de la reducción de emisiones de CO2 por año, por calentamiento de agua, de los clientes residenciales urbanos de la CENTROSUR del Cantón Cuenca - Elaboración Propia. ....	103
Tabla 4 1 Costo de GLP para calentamiento de agua sanitaria residencial por familia al mes y al año con y sin subsidio - Elaboración Propia .....	105
Tabla 4 2 Costo de energía eléctrica por familia al mes y al año para calentamiento de agua sanitaria residencial - Elaboración Propia .....	106
Tabla 4 3 Características técnicas de los sistemas termo solares. ....	106
Tabla 4 4 Costo de paneles solares de tubos de vacío comercializados en el mercado nacional. ....	107
Tabla 4 5 Costo de paneles solares de placa plana comercializados en el mercado nacional. ....	107
Tabla 4 6 Costos referenciales de instalación de la estructura soporte y mano de obra. - Elaboración Propia.....	107
Tabla 4 7 Costo total del sistema termo -solar. -Elaboración Propia.....	108
Tabla 4 8 Precio por Consumo de Energía para calentamiento de agua. ....	108
Tabla 4 9 Implementación de los paneles termo-solares en 10 años para clientes que utilizan energía eléctrica.....	109
Tabla 4 10 Ahorro anual al Estado por motivo de la implementación de los sistemas termo-solares. ....	110
Tabla 4 11 Implementación de los paneles termo-solares en 10 años para clientes que utilizan ducha eléctrica - Elaboración Propia.....	112
Tabla 4 12 Ahorro anual al Estado por motivo de la implementación de los sistemas termo-solares. ....	112
Tabla 4 13 Ingreso de Capital al Estado por reducción de emisiones de t CO2. Elaboración Propia. ....	113
Tabla 4 14 Interpretación para los resultados del VAN. – Wikipedia/valor actual neto .....	115
Tabla 4 15 Utilidad para el cliente con consumo de energía eléctrica. – Elaboración Propia. ....	116



Tabla 4 16 Utilidad para el cliente con consumo de GLP con subsidio. – Elaboración Propia. ....	117
Tabla 4 17 Utilidad para el cliente con consumo de 1 cilindro GLP sin subsidio. – Elaboración Propia. ....	117
Tabla 4 18 Utilidad para el cliente con consumo de 1,53 cilindro GLP sin subsidio. – Elaboración Propia. ....	118
Tabla 4 19 Utilidad para el Estado por subsidio del GLP – Elaboración Propia. .	119
Tabla 4 20 Utilidad para el Estado por subsidio del GLP – Elaboración Propia. .	119



## INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 1 Curva de carga residencial en p.u. - Datos proporcionados de la CENTROSUR..... 24

Gráfica 1 2 Área de concesión de la CENTROSUR – CONELEC, 2012..... 28

Gráfica 1 3 Componentes de la tarifa Media Nacional – Elaboración propia ..... 29

Gráfica 1 4 Demanda de Energía - Elaboración propia..... 30

Gráfica 1 5 Plan de Expansión de Generación 2012 - 2016 – PME ..... 32

Gráfica 1 6 Plan de Expansión de Generación 2017 - 2021 - PME..... 32

Gráfica 2 1 Energía ..... 38

Gráfica 2 2 Fusión Nuclear - <http://sputnik87.wordpress.com/2011/01/06/la-fusion-nuclear-un-sueno-posible> ..... 39

Gráfica 2 3 Estructura y Composición del Sol - <http://www.astromia.com/solar/estrucsol.htm> ..... 40

Gráfica 2 4 Espectro Luminoso - <http://www.educ.ar/sitios/educar/recursos/ver?id=70828> ..... 41

Gráfica 2 5 Radiación solar - <http://jaumesatorra.weebly.com/2/category/cambio%20climatico9fa5d0f8ce/1.html> ..... 45

Gráfica 2 6 Variación del ángulo de inclinación a lo largo del año - <http://hahngdgardner.blogspot.com> ..... 47

Gráfica 2 7 Posición del Sol respecto a una superficie inclinada - <http://www.estacionespacial.com/pasos.php> ..... 50

Gráfica 2 8 Captación de la Energía Solar – [jupiter.utm.mx](http://jupiter.utm.mx)..... 53

Gráfica 2 9 Sistema de Calentamiento Termo Solar Activo – Ciencia para todos/ energía solar ..... 54

Gráfica 2 10 Sistema Termosifón Solar Activo - Ciencia para todos/ energía solar ..... 55

Gráfica 2 11 Partes de un concentrador de placa plana – [www.interrmasoalr.com](http://www.interrmasoalr.com) ..... 56



Gráfica 2 12 Partes principales del colector solar de tubos de vacío -  
[http://www.mybestcv2.co.il/TextPage\\_EN.aspx?ID=11501153](http://www.mybestcv2.co.il/TextPage_EN.aspx?ID=11501153)..... 57

Gráfica 2 13 Tanque de acumulación - Ciencia para todos/ energía solar ..... 58

Gráfica 2 14 Sistema de Tuberías - Ciencia para todos/ energía solar ..... 58

Gráfica 2 15 Ciudad de Cuenca Parroquias Urbanas - Municipalidad de Cuenca,  
2011 ..... 60

Gráfica 2 16 Datos a ingresar para obtener la Radiación Solar sobre plano  
Inclinado - NASA ..... 61

Gráfica 2 17 Datos de Radiación Solar sobre plano inclinado - ISOCAD..... 62

Gráfica 2 18 Datos de Irradiación Solar sobre plano inclinado - CENSOLAR..... 63

Gráfica 2 19 Obtención de datos de irradiación dividiendo al Ecuador en celdas de  
40Km x 40Km – Atlas Solar del CONELEC..... 64

Gráfica 2 20 Irradiación Solar sobre plano Horizontal - Elaboración Propia..... 65

Gráfica 2 21 Irradiación Solar sobre plano Inclinado - Elaboración Propia ..... 67

Gráfica 2 22 Calculo de la distancia a obstáculos - Ingeniería sin Frontera..... 70

Gráfica 2 23 Anclaje en el suelo - Ingeniería sin Fronteras..... 73

Gráfica 2 24 Anclaje en techos y paredes - Ingeniería sin Fronteras ..... 73

Gráfica 3 1 Porcentaje de habitantes por cantones de la Provincia del Azuay -  
Elaboración Propia ..... 76

Gráfica 3 2 División Política Territorial del Cantón Cuenca – Alcaldía de Cuenca.77

Gráfica 3 3 División Política Territorial de las Parroquias Urbanas del Cantón  
Cuenca – Alcaldía de Cuenca..... 78

Gráfica 3 4 Área de concesión de la CENTROSUR - CENTROSUR..... 79

Gráfica 3 5 Relación entre Consumo y Clientes residenciales - Elaboración propia  
en base a la información de la CENTROSUR..... 82

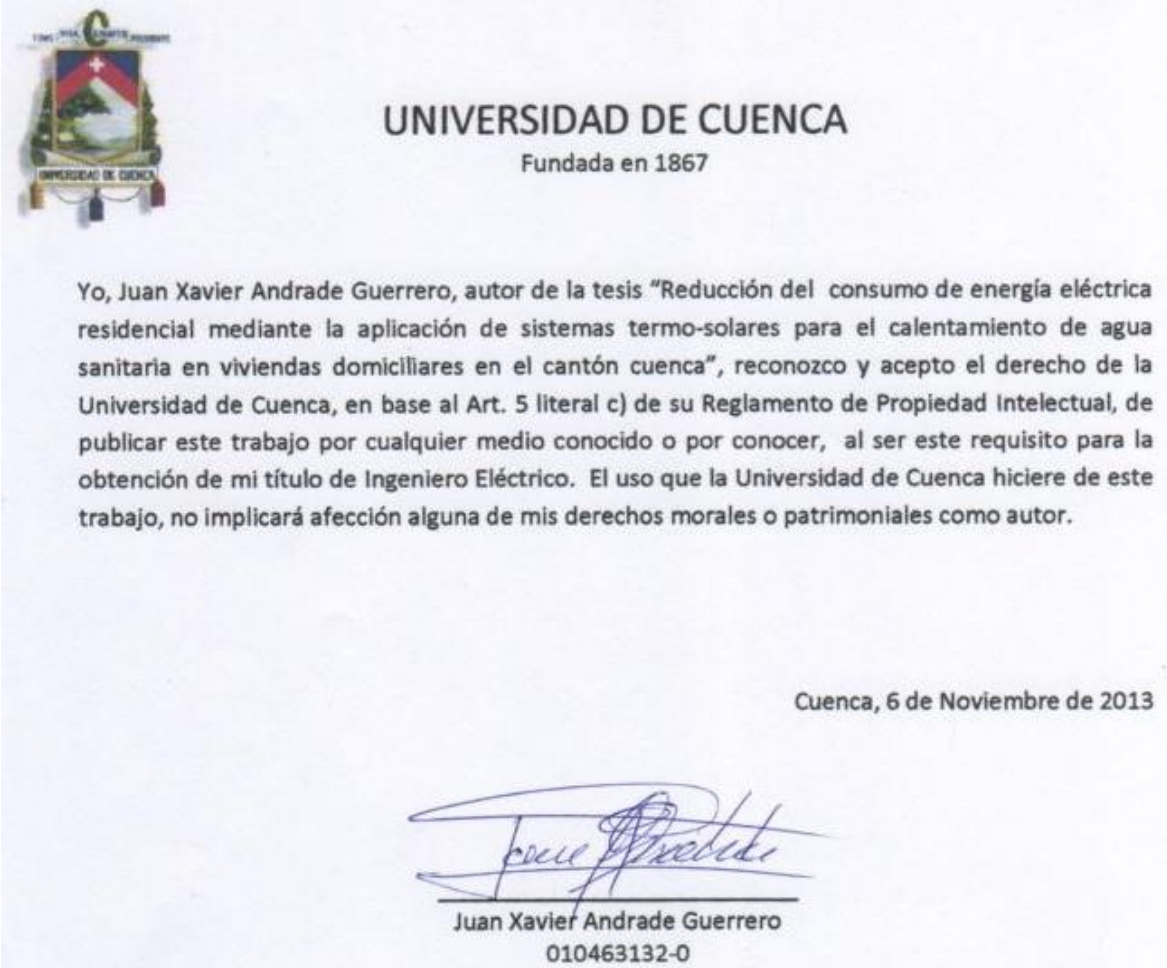
Gráfica 3 6 Número de mediciones en cada estrato de consumo – Elaboración  
Propia..... 87

Gráfica 3 7 Número de personas que conforman el grupo familiar en porcentaje -  
Elaboración Propia. .... 89

Gráfica 3 8 Tipo de sistema para calentamiento de agua - Elaboración Propia .... 90

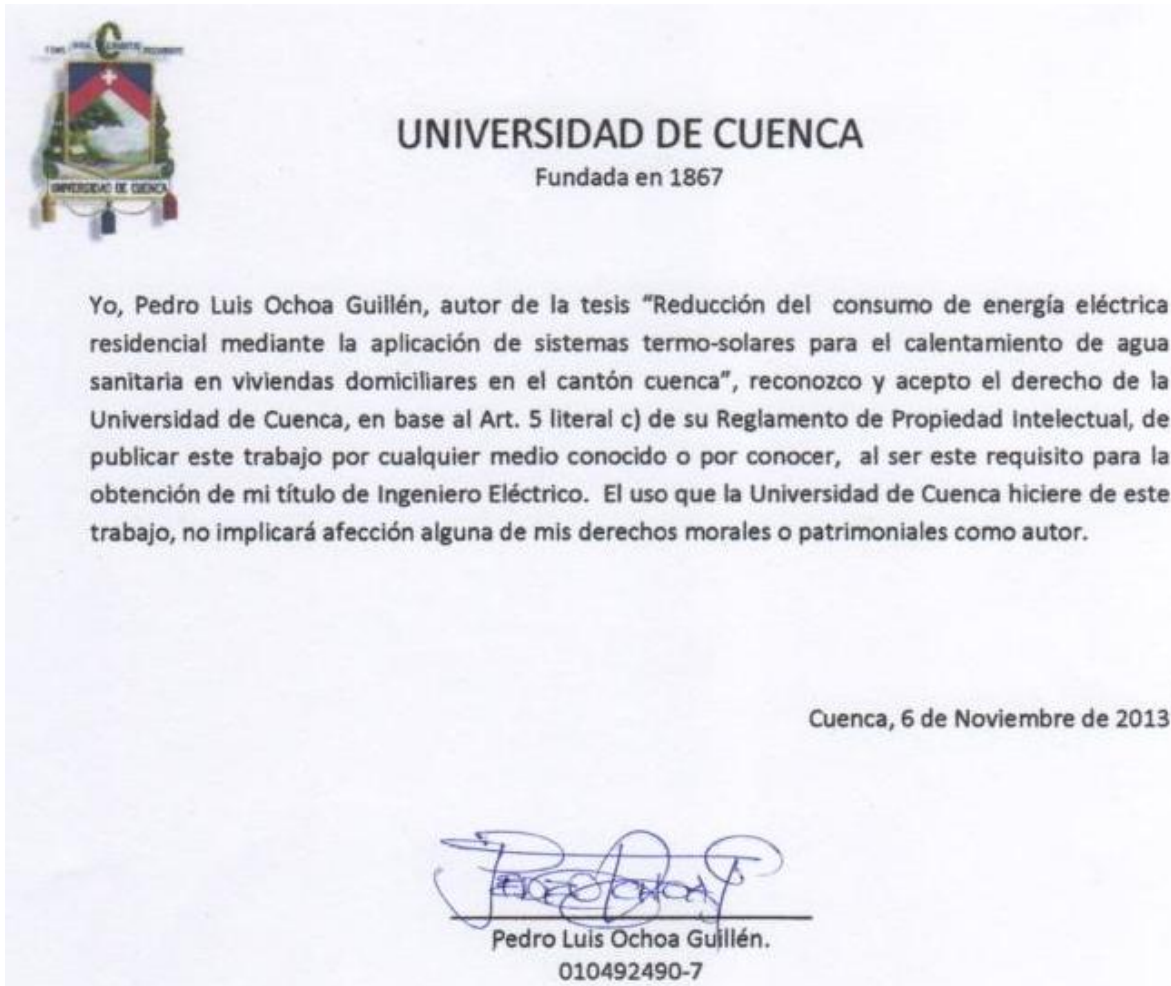


Gráfica 3 9 Porcentaje de los sistemas de calentamiento de agua más utilizados en el cantón Cuenca - Elaboración Propia .....	90
Gráfica 3 10 Consumo de cilindros de GLP/mes - Elaboración Propia .....	92
Gráfica 3 11 Antigüedad del equipo - Elaboración Propia.....	93
Gráfica 3 12 Frecuencia de baño semanal - Elaboración Propia .....	95
Gráfica 3 13 Tiempo promedio de baño - Elaboración Propia.....	96
Gráfica 3 14 Hora típica de baño - Elaboración Propia .....	97
Gráfica 3 15 Aceptación del sistema - Elaboración Propia.....	98
Gráfica 3 16 Aceptación del sistema - Elaboración Propia.....	98
Gráfica 3 17 Aceptación del sistema con subsidio - Elaboración Propia.....	99
Gráfica 3 18 Aceptación del sistema con subsidio - Elaboración Propia.....	99
Gráfica 4 1 Clientes que utilizan ducha eléctrica para calentamiento de agua - Elaboración Propia .....	109
Gráfica 4 2 Clientes que utilizan calefón a GAS para calentamiento de agua - Elaboración Propia .....	111
Gráfica 4 3 Relación entre el costo del GLP con y sin subsidio - Elaboración Propia .....	111
Gráfica 4 4 Ingreso total de Capital al Estado – Elaboración Propia .....	114













## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Pedro Luis Ochoa Guillén, autor de la tesis "Reducción del consumo de energía eléctrica residencial, mediante la aplicación de sistemas termo-solares para el calentamiento de agua sanitaria en viviendas domiciliarias en el cantón Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 6 de Noviembre de 2013



Pedro Luis Ochoa Guillén.  
010492490-7



Cuenca, Noviembre 6 de 2013.

Los conceptos desarrollados, datos obtenidos, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Juan Xavier Andrade Guerrero

Pedro Luis Ochoa Guillén.



**Ing. Juan Leonardo Espinoza, Ph.D.**

**CERTIFICA:**

Haber dirigido y revisado cada uno de los capítulos de la presente tesis, realizada por Juan Xavier Andrade Guerrero y Pedro Luis Ochoa Guillén, y por cumplir los requisitos, autorizo su presentación.

Cuenca, Noviembre de 2013

Ing. Juan Leonardo Espinoza, Ph.D



## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores desean dejar constancia de gratitud al Ing. Juan Leonardo Espinoza que en calidad de Director, por el constante respaldo y apoyo brindado para la realización de esta tesis.

Hago extensivo este agradecimiento a los funcionarios de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. especialmente a los Ingenieros Edgar Cherres, Patricio Quituisaca y Miguel Arévalo por toda la ayuda, información y las facilidades que brindaron para realizar este proyecto.

Cuenca, Noviembre 2013



### **Dedicatoria.**

A mi esposa y a mi hija, mis dos tesoros que han sido mi fuerza conjuntamente con mi DIOS durante el transcurso de elaboración de esta monografía gracias a ellas soy lo que soy, mil gracias por todo el amor, el apoyo y el sacrificio brindado y de igual manera a mis padres mis motivadores y ejemplos a seguir.

Juan Andrade G.



### **Dedicatoria.**

Dedico el presente trabajo de tesis a mis padres, ya que sin su incansable consejo y apoyo, no hubiese sido posible alcanzar esta meta.

Pedro Ochoa Guillén.

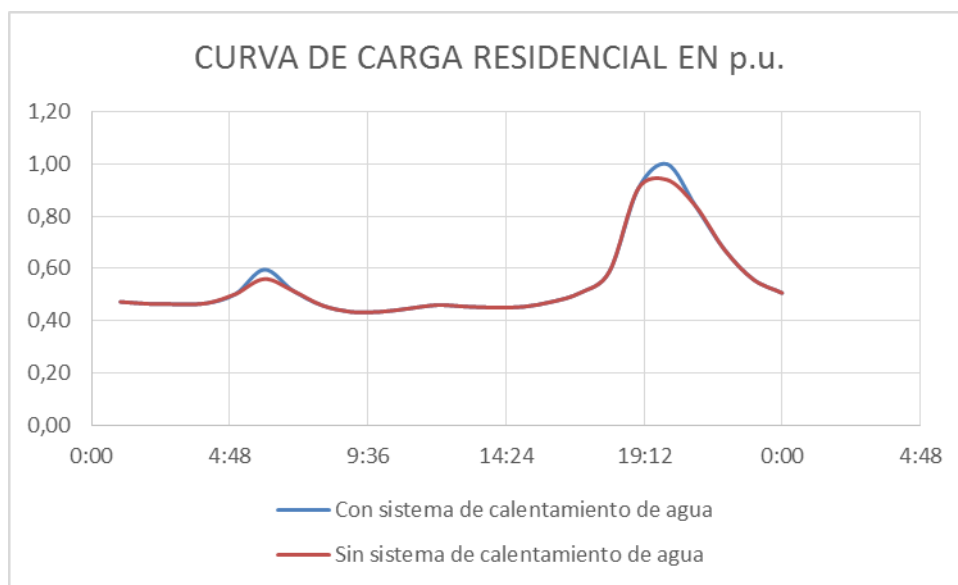


# CAPITULO 1

# CAPITULO 1. LA ENERGÍA Y SUS USOS EN EL ECUADOR

## JUSTIFICACIÓN

Se prevé analizar los beneficios del uso de energía solar mediante la utilización de sistemas termo-solares para el calentamiento de agua, un recurso muy poco utilizado, con el fin de reducir la demanda de energía eléctrica en las horas de máximo consumo, este sistema además ayudaría a reducir el consumo de gas licuado de petróleo (GLP).



Gráfica 1 1 Curva de carga residencial en p.u. - Datos proporcionados de la CENTROSUR

Es de fundamental importancia la aplicación de mecanismos que promuevan y garanticen el desarrollo sustentable de las tecnologías renovables no convencionales, el uso de este tipo de energías no convencionales conllevará a la reducción de la demanda de energía eléctrica y GLP, lo cual representaría ahorro económico al cliente, CENTROSUR y al estado.





## 1.1 INTRODUCCIÓN

En vista del crecimiento económico y social, el avance y desarrollo de la industria ha sido cada vez mayor, conllevando con ello avances importantes en tecnología y evolución de los estilos de vida, por lo cual en las últimas décadas el consumo de energía primaria en el mundo ha aumentado de una forma sostenida. Por lo que es necesario el uso eficiente de los recursos y su ahorro.

Las fuentes de energía primaria son esencialmente: los combustibles fósiles, la energía nuclear de fisión y las energías renovables. Estas fuentes de energía suministran electricidad, transporte, energía necesaria para procesos industriales y acondicionamiento térmico a las viviendas.

En los últimos años ha venido ganando terreno el uso de energías renovables como una solución a la demanda de energía, pero seguimos siendo muy dependientes de las energías no renovables.

La producción de energía a partir de carbono e hidrocarburos, producen emisiones de gas de efecto invernadero, principalmente CO<sub>2</sub>. En los últimos tiempos se han venido dando profundos cambios en el sector energético del Ecuador, ya que este es de importancia fundamental para satisfacer las necesidades básicas de la población y las actividades productivas de la nación.

El gobierno promueve el cambio de la Matriz Energética del Ecuador, mediante una explotación racional de los recursos energéticos y de uso eficiente de energía, realizando inversiones que aseguren al país un suministro confiable, de bajo costo y ambientalmente sustentable<sup>1</sup>.

Las fuentes de energía primaria en el Ecuador son esencialmente los combustibles fósiles y la energía hidráulica, pero en los últimos tiempos se han venido desarrollando proyectos de generación de energías renovables no convencionales.

---

<sup>1</sup> Políticas y estrategias para el Cambio de la Matriz energéticas del Ecuador



Además como se sabe, las centrales térmicas de generación eléctrica, utilizan combustibles para su funcionamiento, esto hace que aumente el costo de la energía eléctrica.

También teniendo en cuenta de que en los últimos años debido al uso de energías contaminantes, las concentraciones de gases invernadero han crecido rápidamente como consecuencia de la acción humana, debido al uso desmedido de estos, se plantea utilizar energías alternativas que no dependan de la producción energética del país como es la energía solar-térmica.

La energía solar-térmica aprovecha la energía del sol para producir calor, que se puede aprovechar para el calentamiento del agua, destinada para el consumo doméstico.

Al tratar el tema de energía solar lo primero que se viene a la mente es que, es un tipo de energía no contaminante e inagotable, además los tipos de captación solar son de fácil mantenimiento y a medida que la tecnología va avanzando el costo disminuye, mientras que los combustibles aumentan debido al agotamiento de los yacimientos petroleros.

## **1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar los beneficios de implementar sistemas híbridos termo-solares para calentamiento de agua sanitaria residencial en las parroquias urbanas del cantón Cuenca, con la finalidad de reducir la demanda de energía eléctrica residencial, GLP y reducción de emisiones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Situación energética actual del Ecuador.

Análisis técnico del sistema solar más adecuado para el cantón Cuenca. Ubicación e implementación estratégica en las viviendas.



Análisis estadístico del consumo de energía para el calentamiento de agua y determinación de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Análisis económico por concepto de la reducción de consumo de energía eléctrica y gas licuado de petróleo (GLP).

Conclusiones y recomendaciones.

### **1.3 ESTADO ENERGÉTICO ACTUAL DEL ECUADOR**

#### **1.3.1 PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA EN EL ECUADOR**

Las tres fuentes dominantes de energía en el país son: petróleo, hidroelectricidad y biomasa. Mientras que en 1970, el 44% de la matriz se basaba en el consumo tradicional de biomasa (carbón vegetal y leña, principalmente), en 2008 apenas el 6%. La energía que más ha incrementado su parte en la matriz es el petróleo, del 50% en 1970 al 81% en 2008. La hidroelectricidad también incrementó su participación, pero en mucho menor intensidad, del 1% en 1970 al 10% en 2008. La demanda total de energía en el Ecuador creció en el 4,1% anual entre 1970 y 2008.

Respecto al consumo de energía por sectores en el país, el transporte es el de mayor cantidad demanda con un promedio del 33% de la matriz en la década del 2000, los subsidios a derivados, y otros factores que han fomentado la expansión del parque automotor, han alimentado el creciente consumo de gasolinas y diésel para transporte, después está el residencial que en la década de los 70 fue el sector de mayor importancia de la matriz (43% en promedio) disminuyó al 20% en los años 2000 y en tercer lugar la industria con una participación del 19% de la matriz.

En el sector residencial la tendencia obedece a la sustitución de la biomasa (leña) por combustibles fósiles (kerosene y GLP). En términos energéticos, la sustitución de una energía con niveles muy bajos de eficiencia (leña, con alrededor del 5%) por energías de más alto rendimiento (kerosene, 30% y GLP, 40%) implica un volumen

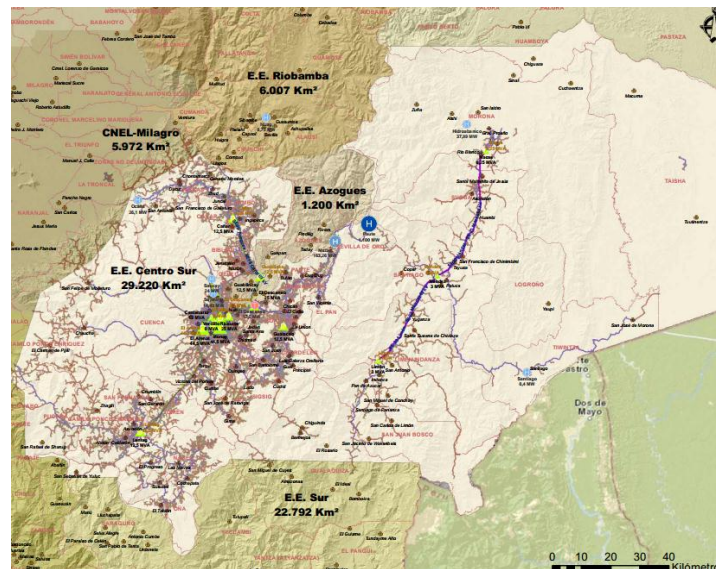
menor de energía final para la satisfacción de un mismo nivel de servicio (energía útil)<sup>2</sup>. [1]

### 1.3.2 COBERTURA ELÉCTRICA

Según el Censo de Población y Vivienda, realizado en noviembre de 2010 por el INEC, el porcentaje total de viviendas con energía eléctrica alcanzó el 93,53%, siendo para el área Urbana el 94,82% y para la Rural el 89,03%<sup>3</sup>.

Según la facturación de los clientes regulados de la EERCS realizado en julio de 2012, se tiene que el número total de clientes es 320723, de los cuales 282350 son clientes residenciales<sup>4</sup>.

El CONELEC otorgó a la EERCS una área de concesión de distribución de 29220 km<sup>2</sup>.



Gráfica 1 2 Área de concesión de la CENTROSUR – CONELEC, 2012

<sup>2</sup> Castro, Miguel. *Hacia una matriz energética diversificada en el Ecuador*, Quito, CEDA, Noviembre 2011

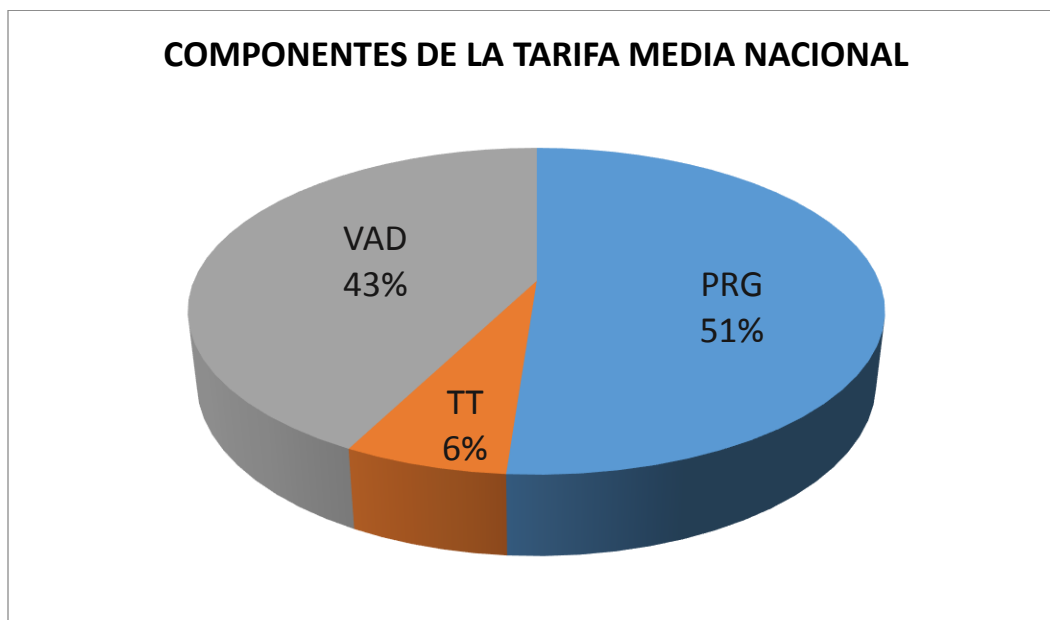
<sup>3</sup> Página del CONELEC. <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1102&l=1>

<sup>4</sup> Datos proporcionados por la EERCS

### 1.3.3 PRINCIPIOS PARA EL CÁLCULO DE TARIFAS<sup>5</sup>

Los costos para la determinación de las tarifas comprenderán: precio referencial de generación, costos del sistema de transmisión y costos del sistema de distribución.

De lo anterior se desprende que la tarifa media nacional es 8,534 centavos de dólar por kWh, de lo cual 51,16% es correspondiente a generación, 42,43% a distribución y 6,41% constituye la transmisión.



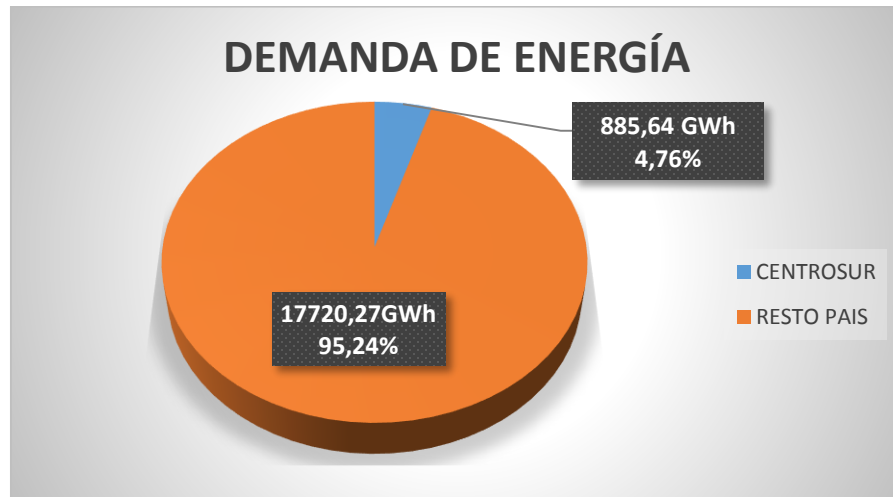
Gráfica 1 3 Componentes de la tarifa Media Nacional – Elaboración propia

Según la facturación de los clientes regulados de la EERCS realizado en julio de 2012, La EERCS tiene un precio medio de 10 centavos de dólar por kWh.

### 1.3.4 DEMANDA DE ENERGÍA

Durante 2012, la demanda de energía de las Empresas Distribuidoras, consumos propios y exportaciones, fue de 18.605,91 GWh. La CENTROSUR tuvo una participación de 4,76% (885,64GWh) del total de la demanda de energía.

<sup>5</sup> Regulación No. Conelec - 006/08. Aplicación del Mandato Constituyente No. 15



Gráfica 1 4 Demanda de Energía - Elaboración propia

### 1.3.5 DEMANDA DE POTENCIA

Los valores de la demanda máxima de potencia del país se los pueden ver en la siguiente tabla:

Mes	Sistema (MW)
May 12	3076.05
Jun 12	3048.66
Jul 12	2972.17
Ago 12	2985.69
Sep 12	3032.47
Oct 12	3073.83
Nov 12	3124.24
Dic 12	3209.25
Ene 13	3188.89
Feb 13	3170.43
Mar 13	3227.15
Abr 13	3275.35

Tabla 1 1 Demanda Máxima de Potencia - CENACE, 2013



### 1.3.6 CAPACIDAD INSTALADA<sup>6</sup>

A diciembre de 2011 la capacidad instalada en el SIN fue de 4.841,44 MW, siendo el 57,1% correspondiente a hidroeléctrica, 34,1% a térmica, 7,24% interconexión y el 1,6% a biomasa.

Sin embargo desde enero de 2010 a mayo de 2012 el gobierno ha invertido 101'400.000,00 USD para la creación de centrales termoeléctricas, aportando con 570 MW térmicos [2].

En 2012 entró en operación las centrales hidroeléctricas de Ocaña con una capacidad instalada de 26 MW y la central de generación eólica Villonaco con una capacidad instalada de 16,5 MW. Baba con 42 MW, también entrará en operación a fines de 2013.

### 1.3.7 PROYECCIÓN DE LA OFERTA EN LA GENERACIÓN AL 2021

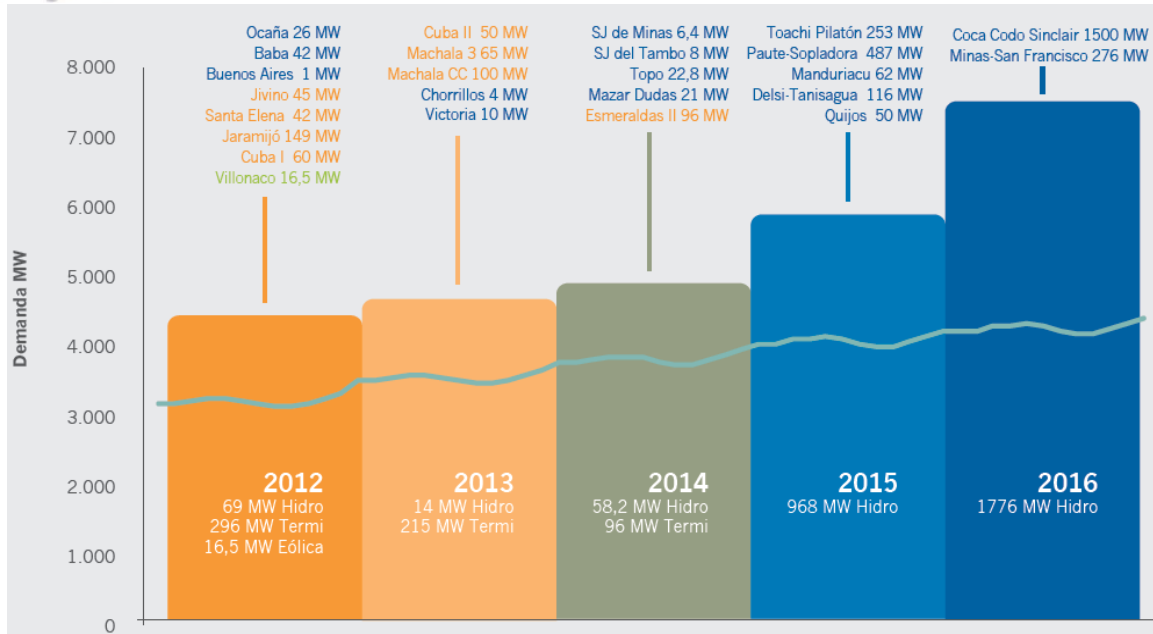
En la tabla 1.2 se han planteado los proyectos de generación eléctrica a ser incluidos para el análisis de la expansión del SIN<sup>7</sup>, mediante la participación de varias fuentes primarias de energía, la cual se la realizo en base a las características del parque generador existente y la proyección del requerimiento en los próximos 10 años del consumo de energía eléctrica. El ingreso del proyecto Coca Codo Sinclair en 2016 constituirá un hito en el desarrollo del sector eléctrico ecuatoriano, complementado por el ingreso de proyectos de generación ubicados en las vertientes del Pacífico y Amazónica [3].

En las gráficas 1.4 y 1.5 vemos el plan de expansión de generación del 2012 – 2016 y 2017 – 2021 respectivamente, que se presenta en el Plan Maestro de Electrificación 2012 – 2021 (PME)

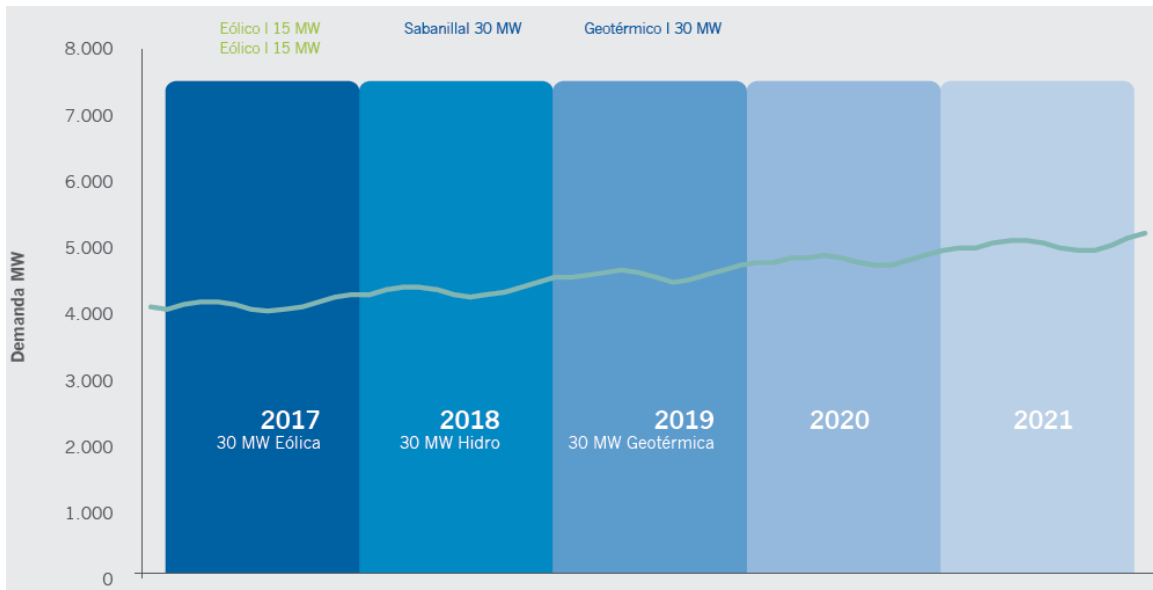
---

<sup>6</sup> Datos obtenidos de la página del CELEC. <http://www.celec.com.ec/>

<sup>7</sup> Sistema Nacional Interconectado - SNI



Gráfica 1 5 Plan de Expansión de Generación 2012 - 2016 – PME



Gráfica 1 6 Plan de Expansión de Generación 2017 - 2021 - PME



Proyecto / Central	Provincia	Empresa / Institucion	Tipo	Potencia (MW)	Energía media (GWh/año)	Estado	Fecha más temprana operación
Trasvase Baba a Marcel Laniado	Los Ríos	Hidrolitoral EP	Hidroeléctrico	NA	441	En operación	ene-12
Ocaña	Cañar	Elecaustro S.A.	Hidroeléctrico	26	203,1	En operación	mar-12
Buenos Aires	Imbabura	Empresa Eléctrica Norte S.A.	Hidroeléctrico	1	7	En operación	abr-12
Térmica Residuo Etapa 2: Jivino (45MW)	Orellana	CELEC-EP	Termoeléctrico	45	295,7	En operación	may-12
Térmica Residuo Etapa 2: Santa Elena III (42MW)	Santa Elena	CELEC-EP	Termoeléctrico	42	275,9	En operación	may-12
Térmica Residuo Etapa 2: Jaramijó (149MW)	Manabí	CELEC-EP	Termoeléctrico	149	978,9	En Cosntrucción	jun-12
Villonaco	Loja	CELEC-EP - Gensur	Eólico	16,5	64	En operación	oct-12
Baba	Los Ríos	Hidrolitoral EP	Hidroeléctrico	42	161	En Cosntrucción	dic-13
Isimanchi	Zamora Chinchipe	EERSSA	Hidroeléctrico	2,25	16,8	En Cosntrucción	may-13
Térmica Cuba I - Guagopolo (50MW)	Pichincha	CELEC - EP	Termoeléctrico	50	330	Contrato de Construcción	sep-13
San José del Tambo	Bolivar	Hidrotambo S.A.	Hidroeléctrico	8	50,5	En Cosntrucción	oct-13
Térmica Cuba II- Quito Norte (40MW)Jama (20MW)	Pichincha y Manabí	CELEC-EP	Termoeléctrico	60	395	Contrato en Construcción	nov-13
Machala Gas 3a unidad	El Oro	CELEC-EP- Termogas Machala	Termoeléctrico	70	491	Contrato en Construcción	nov-13
Topo	Tungurahua	Pernaf Cia. Ltda.	Hidroeléctrico	22,8	164	En Cosntrucción	nov-13
San José de Minas	Pichincha	San José de Minas S.A.	Hidroeléctrico	6,4	37	En Cosntrucción	ene-14
Mazar - Dudas	Azogues	Hidroazogues - CELEC-EP	Hidroeléctrico	21	125,3	En Cosntrucción	ene-14
Machala Gas Ciclo Combinado	El Oro	CELEC-EP - Termogas Machala	Termoeléctrico	100	700	Contrato en Construcción	may-14
Chorillos	Zamora Chinchipe	Hidrozamora EP	Hidroeléctrico	3,96	21	En Cosntrucción	jul-14
Victoria	Napo	EEQSA	Hidroeléctrico	10	63,8	En Cosntrucción	sep-14
Sigchos	Cotopaxi	Triolo S.R.L.	Hidroeléctrico	17,4	125,1	En Cosntrucción	sep-14
Esmeraldas II	Esmeraldas	CELEC-EP- Termoesmeraldas	Termoeléctrico	96	631	En Cosntrucción	oct-14
Toachi- Pilatón	Pichincha, Tsáchila, Cotopaxi	CELEC - EP - Hidrotoapi	Hidroeléctrico	253	1.100	En Cosntrucción	mar-15
Paute - Sopladora	Azuay y Morona Santiago	CELEC-EP - Hidropaute	Hidroeléctrico	487	2.770	En Cosntrucción	abr-15
Manduriacu	Pichincha	CELEC - EP - Enernorte	Hidroeléctrico	62	356	En Cosntrucción	may-15
Pilaló 3	Cotopaxi	Qualitec Comercio e Industria Cia.	Hidroeléctrico	9,3	70	En obras preliminares	jul-15
Apaquí	Carchi	Current Energy of Ecuador S.A.	Hidroeléctrico	36	234,7	En obras preliminares	jul-15
Rio Luis	El Oro	Energyhdine S.A.	Hidroeléctrico	15,5	83	Financiamiento	jul-15
Santa Cruz	Zamora Chinchipe	Hidrocruz S.A.	Hidroeléctrico	129	735	En estudios	jul-15
Delsi Tanisagua	Zamora Chinchipe	CELEC EP - Gensur	Hidroeléctrico	116	904	En Cosntrucción	nov-15
Quijos	Napo	CELEC EP- Enernorte	Hidroeléctrico	50	355	En Cosntrucción	dic-15
La Merced de Jondachi	Napo	CELEC EP	Hidroeléctrico	18	119	Financiamiento	ene-16
Angamarca Sinde	Cotopaxi y Bolivar	CELEC EP	Hidroeléctrico	33	194,2	En análisis	ene-16
Soldados Yanuncay Minas	Azuay	Elecaustro S.A.	Hidroeléctrico	27,8	190	En análisis	ene-16
Minas - San Francisco	Azuay	CELEC EP - Enerjubones	Hidroeléctrico	276	1.321,4	En Cosntrucción	ene-16
La Unión	El Oro y Azuay	CELEC EP - Enerjubones	Hidroeléctrico	87,3	411,1	En análisis	ene-16
Excedente de la Refinería del Pacifico	Manabí	Refinería del Pacifico	Termoeléctrico	150	980	En estudios	ene-16
Coca Codo Sinclair	Napo y Sucumbios	CocaSinclair EP	Hidroeléctrico	1.500,00	8.743	En Construcción	feb-16
Tigre	Pichincha	HidroEquinoccio EP	Hidroeléctrico	80	351	Financiamiento	mar-16
Tortugo	Pichincha	CELEC EP - Enernorte	Hidroeléctrico	201	886	En estudios	abr-16
Angamarca	Cotopaxi	Produastro C.A.	Hidroeléctrico	66	300	En obras preliminares	jul-16
Baeza	Napo	CELEC EP- Enernorte	Hidroeléctrico	50	318	En análisis	dic-16
Eólico I	Por definir	CELEC EP - Renovables	Eólico	15	64	En estudios	ene-17
Llurimaguas	Pichincha	CELEC EP - Enernorte	Hidroeléctrico	162	712	En estudios	mar-17
Tufiño Chiles	Carchi	CELEC EP - Renovables	Geotérmico	50	394	En estudios	jun-17
Eólico II	Por definir	CELEC EP - Renovables	Eólico	15	64	En estudios	jul-17
Chirapi	Pichincha	CELEC EP - Enernorte	Hidroeléctrico	169,2	968,4	En estudios	abr-18
Sabanilla	Zamora Chinchipe	Hidrelgen S.A.	Hidroeléctrico	30	200,8	En Construcción	may-18
Chontal	Pichincha	CELEC EP - Enernorte	Hidroeléctrico	184	1.034	En estudios	may-18
Chepsi - Palma Real	Pichincha	CELEC EP - Enernorte	Hidroeléctrico	460	2.000	Estudios finalizados	jun-18
Paute - Cardenillo	Morona Santiago	CELEC EP- Hidropaute	Hidroeléctrico	400	2.300	En estudios	ene-19
Geotérmico I	Por definir	CELEC EP - Renovables	Geotérmico	30	236,5	En estudios	ene-19
San Miguel	Morona Santiago	CELEC EP	Hidroeléctrico	686	4.099	En estudios	jul-19
Gualaquiza	Morona Santiago	CELEC EP	Hidroeléctrico	800	5.186	En estudios	jul-19
				7437,41	43257,2		

Tabla 1 2 Proyectos considerados en los estudios del PME 2012 – 2021



### 1.3.8 SITUACIÓN ACTUAL DE LA DEMANDA Y COMERCIALIZACIÓN DEL GLP EN ECUADOR<sup>8</sup>

En el Ecuador el gas licuado de petróleo (GLP) es utilizado como combustible para generar calor en el proceso de cocción de alimentos y calentamiento de agua en la mayoría de los hogares ecuatorianos, a los cuales llega en presentaciones de cilindros domésticos de 15 Kg., Además, el GLP es utilizado como combustible en procesos industriales y comerciales en los cuales la demanda es por grandes cantidades, situación en la cual se requiere de equipos e instalaciones de mayor capacidad.

La producción nacional de GLP se realiza desde la Refinería Estatal de Esmeraldas y en el complejo Industrial de Shushufindi, que es aproximadamente el 20% de la demanda total del país, mientras que el 80% restante, se lo cubre mediante importaciones proveniente principalmente de México, Venezuela, Panamá, Estados Unidos, Argentina, Perú y Nigeria [4], y es comercializado a través del terminal gasero de El Salitral – Guayaquil.

La comercialización del GLP en el país es realizada por Petroecuador a través de los complejos industriales antes indicados, desde los cuales, a través de poliducto y una flota de autotanques, se despacha el GLP hacia las plantas de almacenamiento y envasado que se encuentran ubicadas en diferentes zonas del país. Las plantas de almacenamiento y envasado de GLP que operan en el Ecuador, pertenecen a diferentes empresas públicas y privadas, como son: Petrocomercial, Duragas, Agipgas, Congas, Austrogas, Lojagas - Mendogas, las empresas antes mencionadas poseen a su vez, centros logísticos de Distribución a fin de atender a sus distribuidores y éstos a su vez directamente al público consumidor, centros que no operan en forma independiente, sino que están ligadas contractual mente con las comercializadoras de GLP, las mismas que, están obligadas a cumplir y hacer cumplir con lo dispuesto en los Reglamentos y Normas existentes. La empresa de economía mixta AUSTROGAS, que opera en la ciudad

---

<sup>8</sup> Austrogas. <http://www.austrogas.com.ec>, Comercializadora, p1-2



de Cuenca, cuenta con la planta de almacenamiento y envasado de GLP ubicada en el sector de Challuabamba, y además, cuenta con su propio equipo técnico y Comercial.

Para el caso del consumo doméstico de GLP, hasta la fecha continúa siendo un combustible subsidiado por el estado ecuatoriano con un precio de venta al público de USD 1,60 a fin de que la economía de los hogares no se vea afectada. Por otro lado, para el sector industrial/comercial el GLP tiene otro precio, en el cual el gobierno nacional ha determinado el costo real que tiene este combustible, que es de 0,78443 USD/Kg<sup>9</sup>, pues las personas naturales o jurídicas que deseen aprovisionarse de GLP en cantidades grandes pueden estar en capacidad de asumir un precio más alto.

Para diciembre de 2014 se pretende entregar ya terminada la nueva refinería del Pacifico Eloy Alfaro, con una capacidad de refinar 330.000 barriles de petróleo por día. La necesidad de construir el complejo hidrocarburífero se debe a que la producción de las refinerías del país no abastece la demanda interna de combustibles. El Gobierno tiene que importar derivados para satisfacer el consumo nacional y cubrir el déficit que se estima que en 2018 será de 120 .000 Bbl<sup>10</sup> por día.

La nueva planta permitirá procesar 300 mil barriles de petróleo por día, con lo cual se satisficará la demanda interna y los excedentes colocarlos en los mercados internacionales. Los derivados podrán colocarse en mercados como el de Perú, Chile, países de Centro América e, incluso, estados de la costa este de Estados Unidos. [5]

---

<sup>9</sup> Consulta realizada vía telefónica a Austrogas con fecha 27/06/2013

<sup>10</sup> Unidad inglesa de medida de petróleo líquido (Bbl). (Alrededor de 159 litros de petróleo líquido)



# CAPITULO 2



## CAPITULO 2. ANALISIS TÉCNICO

### 2.1 INTRODUCCIÓN

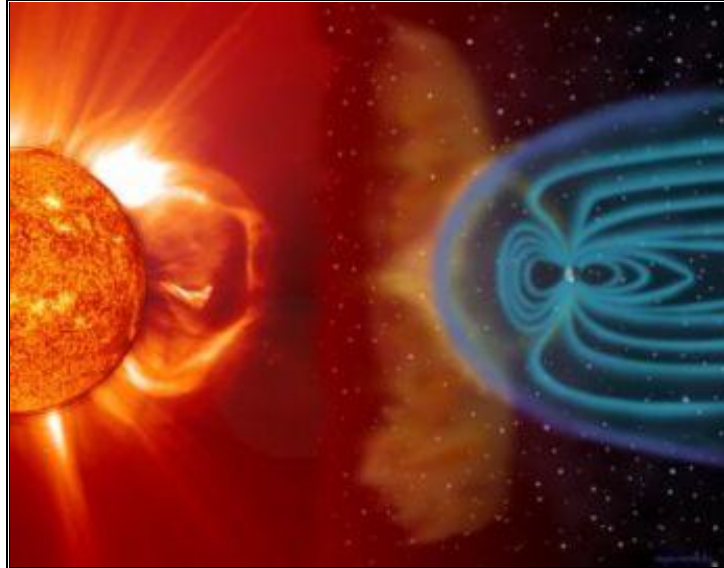
Debido a que en la actualidad la principal fuente de energía en el mundo proviene de combustibles fósiles no renovables, es necesario considerar puntos de vista ambientales, económicos, energéticos, etc., y buscar otras fuentes alternativas de energías que sean limpias e ilimitadas.

La Energía Solar, Eólica y Geotérmica son las opciones, pero la energía solar tiene una ventaja sobre las otras dos fuentes, ya que se pueden construir dispositivos solares de diversos tamaños y por ser de tipo modular también se pueden ampliar.

La energía solar es una excelente opción ya que:

- El Sol produce energía las 24 horas del día, los 365 días al año y en todos los lugares se recibe esta energía según su ubicación.
- Es un tipo de energía limpia, no contaminante y renovable.
- Es abundante y gratuita (no se le puede imponer costo).

Además la razón por la cual es necesario utilizar energías renovables, en este caso energía solar como fuente de energía útil, viene dada por dos hechos, el primero es el ahorro de energía no renovable, principalmente energía fósil, y por otro lado reducir el impacto ambiental producto de estas.



Gráfica 2 1 Energía

## 2.2 CONCEPTOS BÁSICOS

### 2.2.1 EL SOL

El Sol es el centro de nuestro sistema solar y constituye la mayor fuente de radiación electromagnética, este representa el 98,6% de la masa del sistema solar.

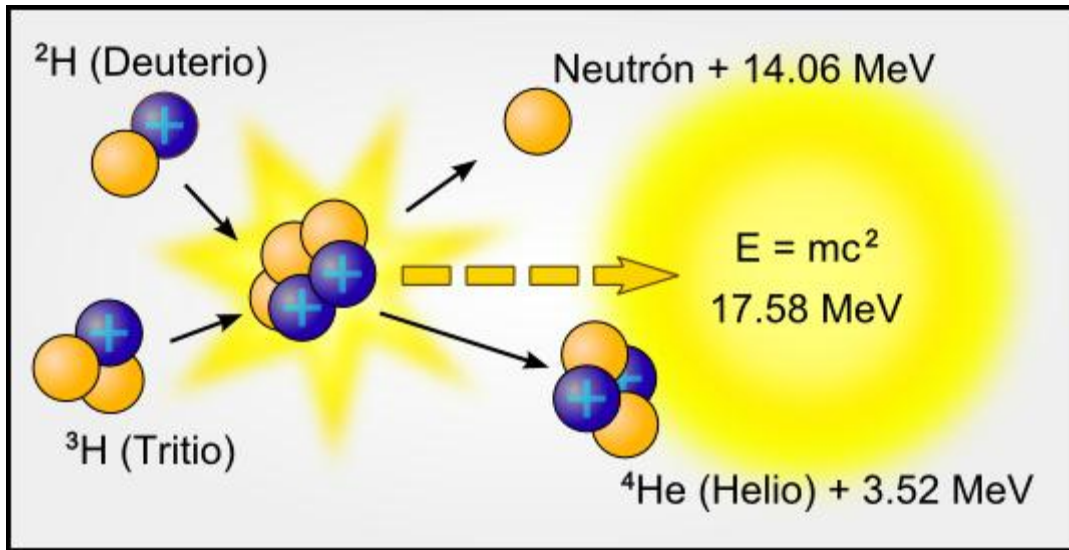
Dentro del Sol se genera un proceso llamado fusión nuclear que consiste en unir dos átomos pequeños para obtener un átomo de mayor tamaño (mayor número másico), en este proceso se desprende energía ya que el átomo resultante a pesar de ser de mayor tamaño, es más liviano que la suma de los otros dos. Esta reducción de masa se transforma en energía, según la teoría de Einstein<sup>11</sup>, aunque la diferencia de masa y ganancia por átomo es muy pequeña, se ha de tener en cuenta que es una energía muy considerable.

No todas las reacciones de fusión nuclear producen la misma energía, depende siempre de los núcleos que se unen. La reacción más fácil de conseguir es la del deuterio, un isótopo del hidrogeno (un protón más un neutrón) y tritio (un protón y

---

<sup>11</sup> Teoría de Einstein: Energía = masa x (aceleración)<sup>2</sup> E=mc<sup>2</sup>

dos neutrones) para producir átomos más pesados de helio (dos neutrones y dos protones) y un neutrón, liberando una energía de 17,58 MeV.

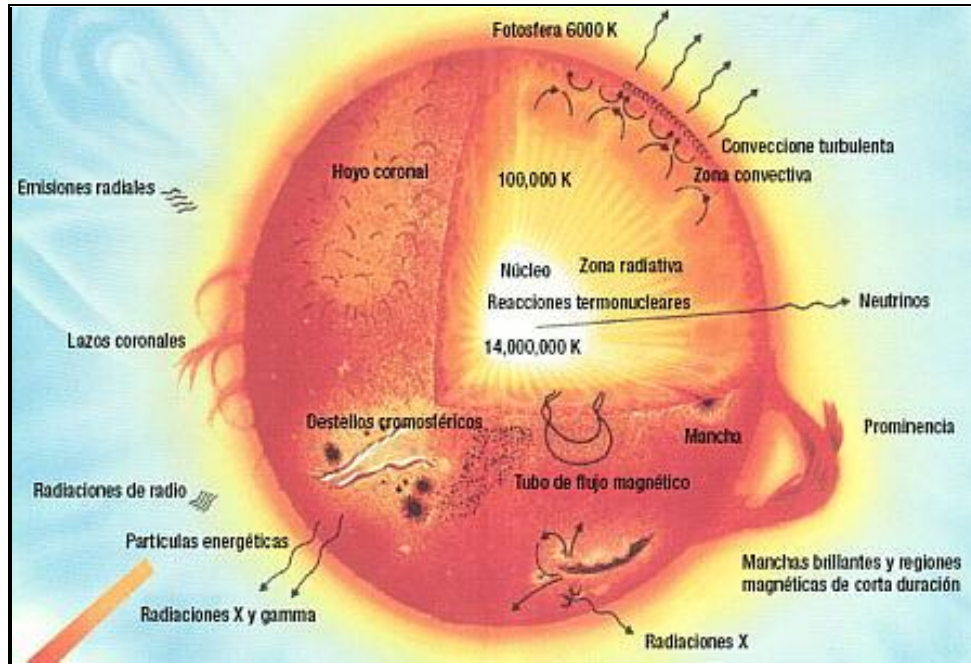


Gráfica 2 2 Fusión Nuclear - <http://sputnik87.wordpress.com/2011/01/06/la-fusion-nuclear-un-sueno-posible>

La distancia media que existe entre la Tierra y el sol es de  $1,495 \times 10^8$  km y su luz recorre esta distancia en 8 minutos y 19 segundos. Aproximadamente tiene 700.000 km de radio, con una masa de  $1,98 \times 10^{30}$  kg, que emana energía calorífica y en cuyo núcleo la temperatura es de  $15 \times 10^6$  °K<sup>12</sup>, con una presión altísima, que provoca reacciones nucleares y se va reduciendo hasta los 5800 °K en la superficie [1].

<sup>12</sup> La relación entre °K y °C es: °K = °C + 273





Gráfica 2 3 Estructura y Composición del Sol - <http://www.astromia.com/solar/estrucsol.htm>

### 2.2.2 ENERGÍA SOLAR.

La energía solar es la energía radiante producida por el Sol, y es a la vez productora de luz y calor, este como otros tipos de energía es medida en Joules.

El Sol radia cada segundo la cantidad de 1367 Joule en cada metro cuadrado del diámetro de la Tierra, esto es 1367 W, a lo cual se conoce con el nombre de la constante solar [2].

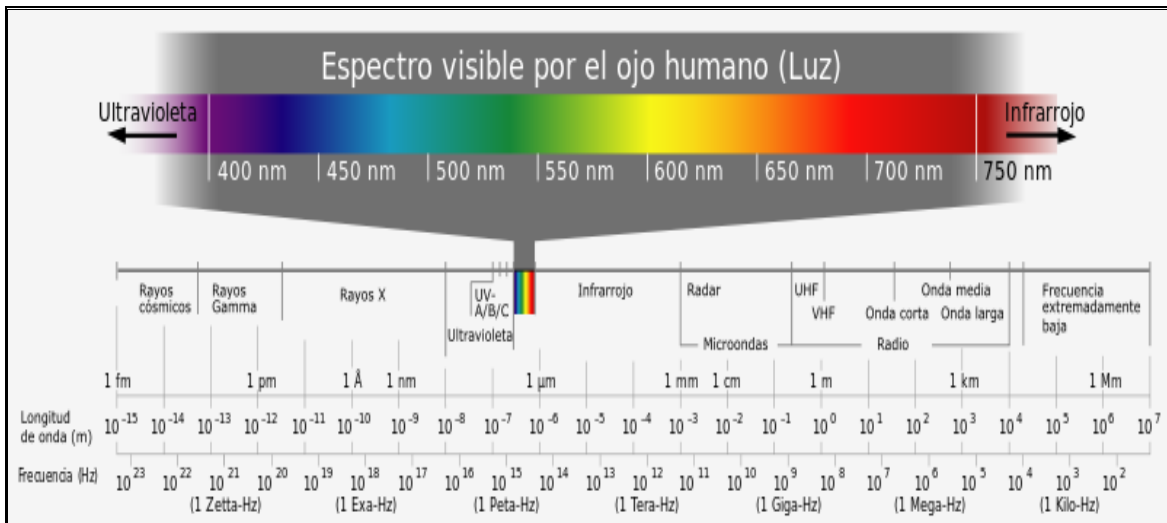
Cada año el sol produce 4 mil veces más energía que la que consumimos, por lo que su potencia es considerada ilimitada.

La intensidad de energía solar que recibimos en cualquier punto de la tierra va a depender del día del año, de la hora y de la latitud en la que nos encontremos.



### 2.2.3 RADIACIÓN SOLAR.

Es la energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (ultravioleta, rayos X, luz visible, infrarroja, microondas y ondas de radio).



Gráfica 2.4 Espectro Luminoso - <http://www.educ.ar/sitios/educar/recursos/ver?id=70828>

El Sol se sabe que radia en todas direcciones y parte de este flujo llega a la Tierra a través del espacio vacío. Esta energía se emite en dos formas radiación electromagnética y viento solar:

#### 2.2.3.1 Radiación Electromagnética

El Sol genera radiación electromagnética y como resultado emite rayos ultravioletas, rayos X, luz visible, rayos infrarrojos, microondas y las ondas de radio las cuales comprenden el espectro electromagnético.

Aproximadamente la mitad de las ondas que percibimos se encuentran en el rango de 0.4 – 0.7µm, a este rango de frecuencias captadas por el ojo humano, se le conoce como luz visible. A la otra mitad le pertenece el rango de luz ultravioleta e infrarroja, siendo esta última la de mayor predominancia.

Dentro del espectro electromagnético se puede distinguir las siguientes regiones:

REGION	Frecuencia (Hz) o ciclos/s)	Longitud de onda (m)	Energía (J)
Rayos Gamma	$10^{22} - 10^{19}$	$10^{-11} - 10^{-14}$	$>2 \times 10^{-14}$
Rayos - X	$10^{17} - 10^{20}$	$10^{-8} - 10^{-11}$	$2 \times 10^{-17} - 2 \times 10^{-14}$
Ultravioleta	$10^{15} - 10^{17}$	$10^{-6} - 10^{-8}$	$5 \times 10^{-19} - 2 \times 10^{-17}$
Luz Visible	$10^{14} - 10^{15}$	$4 \times 10^{-6} - 7 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-19} - 5 \times 10^{-19}$
Infrarrojo	$10^{11} - 10^{14}$	$10^{-3} - 10^{-5}$	$2 \times 10^{-22} - 2 \times 10^{-19}$
Microondas	$10^9 - 10^{11}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$2 \times 10^{-24} - 2 \times 10^{-22}$
Ondas de Radio	$10^3 - 10^9$	$10^5 - 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-24}$

Tabla 2 1 Rangos de frecuencia del Espectro Electromagnético - El Espectro Electromagnético y sus Aplicaciones, Bernardo Fontal, 2005

### 2.2.3.2 Viento Solar

El viento solar es una corriente de partículas cargadas expulsadas de la atmósfera superior del Sol. Este viento está compuesto principalmente de partículas atómicas energizadas: neutrinos y protones [3].

La atmósfera de la Tierra es una capa protectora de esta radiación y del viento solar, la disminución en la capa de ozono reduce el grado de protección contra la radiación, especialmente de los rayos ultravioletas.

### 2.2.4 RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE.

La radiación solar extraterrestre es la radiación solar diaria que se recibe sobre una superficie horizontal situada en el límite superior de la atmósfera. Este valor se



define a partir del valor de la constante solar. La constante solar está definida como la cantidad de energía solar que por unidad de tiempo incide perpendicularmente sobre una superficie de área unitaria colocada fuera de la atmosfera terrestre a una distancia del sol igual a la distancia promedio sol-tierra.

El valor de la constante solar  $I_{sc}$  ha sido objeto de diversas investigaciones, pero la NASA luego de varias mediciones realizadas a gran altitud, definió un Standard de Diseño NASA (NASA Design Standard), el cual es el promedio de diversas mediciones.

$$I_{sc} = 1353 \frac{W}{m^2}$$

Este valor se considera correcto en  $\pm 25 W/m^2$ .

Sin embargo una revisión realizada por Froehlich y Brusa ha resultado en la referencia radiométrica mundial **WRR** (WRR: World Radiometric Reference), cuyo valor es:

$$I_{sc} = 1367 \frac{W}{m^2}$$

Para dar mayor veracidad a este valor de la constante solar, se puede realizar el cálculo respectivo mediante el método la Stefan Boltzmann (Ver ANEXO 1).

La ley de Stefan-Boltzmann establece que un cuerpo negro emite radiación térmica con una potencia emisiva superficial en ( $W/m^2$ ) proporcional a la cuarta potencia de su temperatura, para lo cual partiremos de algunos datos conocidos.

$$M = \sigma T^4$$

**M:** Densidad total de flujo radiante emitida por un cuerpo en  $W/m^2$

**$\sigma$ :** Constante de Boltzmann =  $5.6697 \times 10^{-8} W/m^2K^4$

**T:** Temperatura del cuerpo en  $^{\circ}K$

$$M_{tierra} = 1367 [Wm^{-2}]$$



A este valor se le conoce como la **constante solar**<sup>13</sup>.

La diferencia entre este valor y el de la NASA corresponde al 1%. Para nuestros cálculos utilizaremos el valor **WRR** (Word Radiometric Reference).

### 2.2.5 RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE

La radiación solar a medida que ingresa en la atmosfera, se ve afectado por algunos procesos de extinción, debido a un fenómeno de absorción y dispersión, que depende principalmente de:

- La masa, el espesor y la densidad de la capa de aire atravesada.
- La reflexión producida por las nubes y devuelta al espacio.
- Moléculas que presenta bandas de absorción, siendo las del agua y del anhídrido carbónico las más representativas.

Como la cantidad de energía depende de la masa de aire atravesada por el rayo solar, cuanto mayor camino tenga que atravesar, mayor será la absorción, por ende mayor pérdida de energía.

En síntesis existirá una máxima absorción cuando el sol se encuentre a la salida o al ocaso y mínima en cenit<sup>14</sup>.

El total de radiación procedente del sol que incide en una superficie en la tierra estará compuesto por distintos tipos de energía radiante:

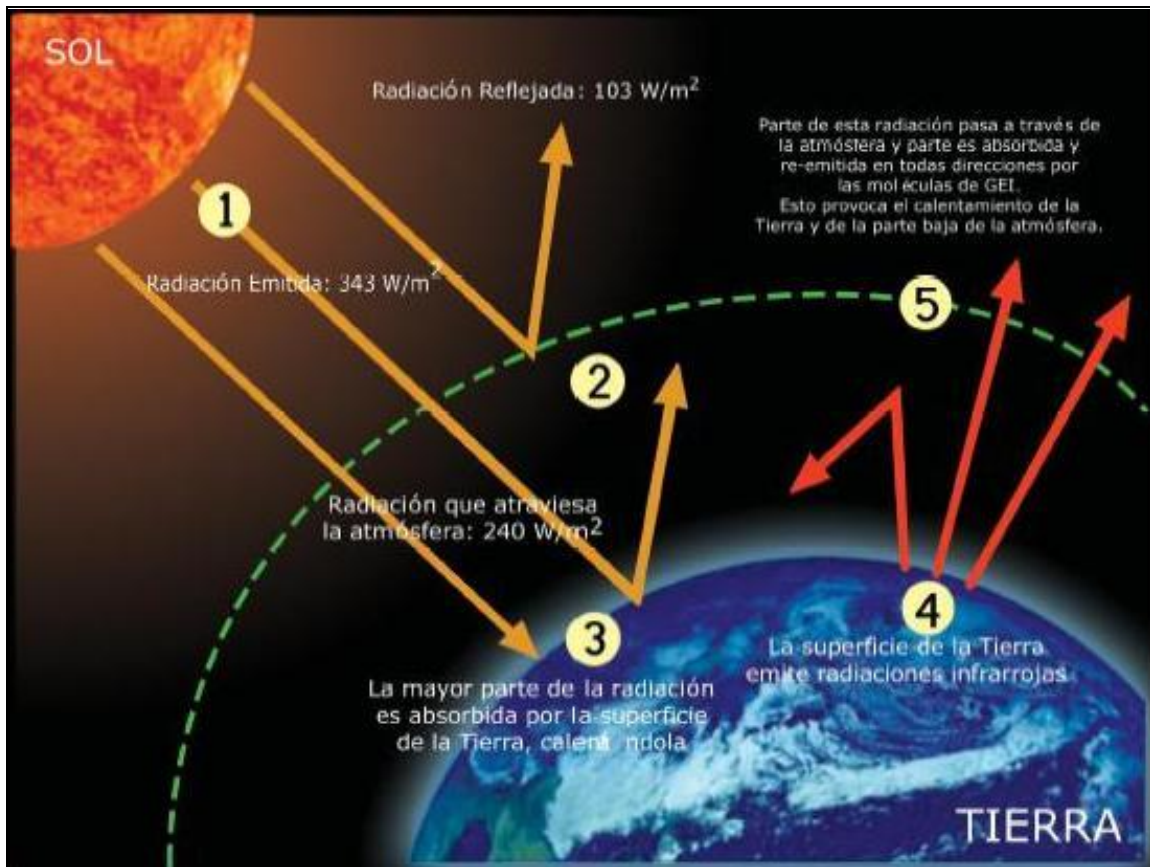
- **Radiación directa.** Es la que pasa en línea recta desde el Sol a través de la atmosfera hasta el colector, excepto la debida a la refracción atmosférica.
- **Radiación difusa.** Es la que viniendo desde el Sol ha sido dispersada por moléculas y partículas en el aire, no es direccional y puede considerarse que su distribución es casi uniforme para todo el hemisferio celeste.

---

<sup>13</sup> El cálculo de la constante solar con el método de Stefan Boltzmann está desarrollado en el ANEXO 1

<sup>14</sup> El cenit es la posición en donde el sol se encuentra en su punto más alto respecto de un observador, este se da por lo general a medio día.

- **Radiación reflejada.** Como su nombre lo dice es la radiación reflejada por la superficie terrestre o cualquier objeto. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo.
- **Radiación global.** Es la suma de la radiación directa y de la difusa.
- **Radiación total.** Es la suma de la radiación directa, de la difusa y de la reflejada.



Gráfica 2.5 Radiación solar - <http://jaumesatorra.weebly.com/2/category/cambio%20climatico9fa5d0f8ce/1.html>

Factor de Albedo para algunas Superficies					
Superficie	Factor de Albedo en (%)	Superficie	Factor de Albedo en (%)	Superficie	Factor de Albedo en (%)
Nieve, fresca	75 - 90	Suelo, arenoso	20 - 25	Concreto	15 - 37
Nieve, vieja	35 - 70	Cal	45	Edificios	9
Hielo	60	Yeso	55	Urbano, medio	15
Agua, profunda	5 - 20	Granito	12 - 18	Caña de azúcar	15
Arcilla, húmeda	16	Piedras	20 - 30	Maíz	18
Arcilla, seca	23	Duna, arena	20 - 45	Algodón	20 - 22
Nubes, gruesas	70 - 95	Marga, seca	23	Bosque, confieras	5 - 15
Nubes, finas	20 - 65	Marga, húmeda	16	Gramma, verde	26

Tabla 2 2 Factor de Albedo para diferentes superficies -

<http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/6839/06Nvm06de17.pdf?sequence=7>

## 2.2.6 DECLINACIÓN DE LA TIERRA.

Se conoce con el nombre de declinación de la Tierra al ángulo formado por la línea ecuatorial con respecto de la dirección en la que se encuentra el Sol, y este varía dependiendo de la ubicación a lo largo del año. [4]

Como se observa en la Fig. 2.5, cuando la Tierra se encuentra en A (solsticio de verano) la declinación tiene su valor máximo, hasta ser igual a cero en B (equinoccio de otoño). En C (solsticio de invierno) la declinación tiene su valor mínimo, y va aumentando hasta anularse en D (equinoccio de primavera).

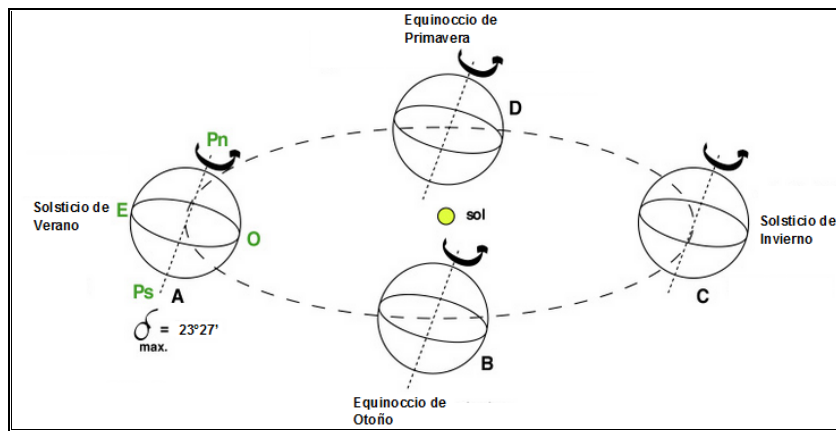
Una ecuación aproximada para calcular la declinación propuesta por Cooper dice:

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360}{365} \times (284 + z)\right)$$

Dónde:

$\delta$  = es la declinación en grados sexagesimales

$z$  = es el número del día del año (parte de 1 de enero  $z = 1$ , hasta el 31 de diciembre donde  $z = 365$ )



Gráfica 2 6 Variación del ángulo de inclinación a lo largo del año -<http://hahngdgardner.blogspot.com>

Para simplificar los cálculos se utiliza un día tipo para cada mes, este debe representar un comportamiento medio mensual. En la tabla 3. Se indica los días tipo de cada mes y el valor de la declinación.

VALORES MEDIOS DE LA DECLINACIÓN				
Número de Días del Mes	MES	Día Tipo	Día del año	Declinación
31	<b>Enero</b>	<b>17</b>	17	<b>-20,7</b>
28	<b>Febrero</b>	<b>15</b>	46	<b>-12,6</b>
31	<b>Marzo</b>	<b>16</b>	75	<b>-1,7</b>
30	<b>Abril</b>	<b>15</b>	105	<b>18,9</b>
31	<b>Mayo</b>	<b>15</b>	135	<b>9,8</b>
30	<b>Junio</b>	<b>10</b>	161	<b>23</b>
31	<b>Julio</b>	<b>17</b>	198	<b>21,2</b>
31	<b>Agosto</b>	<b>17</b>	229	<b>13,4</b>
30	<b>Septiembre</b>	<b>16</b>	259	<b>2,6</b>
31	<b>Octubre</b>	<b>16</b>	289	<b>-8,9</b>
30	<b>Noviembre</b>	<b>15</b>	319	<b>-18,5</b>
31	<b>Diciembre</b>	<b>11</b>	345	<b>-23</b>

Tabla 2 3 Valores medios de la declinación según día tipo - Ingeniería sin Fronteras



## 2.2.7 POSICIÓN DEL SOL [5]

Un método para ubicar la posición del Sol respecto de un punto situado sobre la superficie terrestre, viene dado por las coordenadas horarias.

La posición del Sol se determina mediante tres ángulos:

- **Declinación ( $\delta$ ).**
- **Latitud ( $\phi$ ).** Es el ángulo comprendido desde el punto situado sobre la superficie terrestre con respecto de la línea ecuatorial, considerándose este ángulo como positivo para el hemisferio norte y negativo para el hemisferio sur.
- **Angulo horario ( $h$ ).** Es el ángulo comprendido entre el plano meridiano que pasa por el punto considerado y el plano meridiano que pasa por el Sol. Recibe el nombre de horario, ya que su valor depende de la hora del día; cuando el Sol se encuentra en su punto más alto (cenit), el ángulo horario es nulo, antes será negativo y después positivo. Hay que tener en cuenta que una circunferencia tiene  $360^\circ$ , un día completo 24 horas y a cada hora le corresponde un ángulo de  $15^\circ$ , en consecuencia el ángulo horario verdadero vendrá dado por la siguiente ecuación:

$$h = 15(TSV - 12)$$

El valor de la ecuación de tiempo para un día determinado, se puede calcular utilizando la siguiente expresión.

$$ET = 9,87 \sin(2B) - 7,53 \cos(B) - 1,5 \sin(B)$$

$$B = \frac{360}{364}(z - 1)$$

Dónde:

$h$  = ángulo horario expresado en grados.

$TSV$  = tiempo solar verdadero expresado en horas.





ET = ecuación de tiempo en minutos.

B = ecuación en grados sexagesimales.

La Tierra se ha dividido en 24 husos horarios debido a que está se demora 24 horas en realizar un giro completo sobre su eje, cada huso horario tiene  $15^\circ$ , con un meridiano central ubicado a  $7.5^\circ$  hacia el este hasta  $7.5^\circ$  hacia el oeste

Hay que tomar en consideración que no en todos los países la hora oficial (HO), es igual a la hora civil, puesto que este se adelanta o atrasa dependiendo de la época del año.

En consecuencia el tiempo solar verdadero se lo puede calcular de la siguiente manera:

$$TSV = HO - e + ET + \frac{1}{15}(\lambda_m - \lambda)$$

Dónde:

TSV = tiempo solar verdadero.

HO = hora oficial del país.

e = adelanto respecto de la hora civil.

$\lambda_m$  = longitud del meridiano medio del huso horario adoptado.

$\lambda$  = longitud del meridiano que pasa por un punto estudiado.

Por ejemplo para la ciudad de Cuenca se puede realizar el cálculo del tiempo solar verdadero (TSV) y el ángulo horario verdadero (h) para cualquier día del año; podemos ver un ejemplo para un día tipo del año en el ANEXO 2<sup>15</sup>

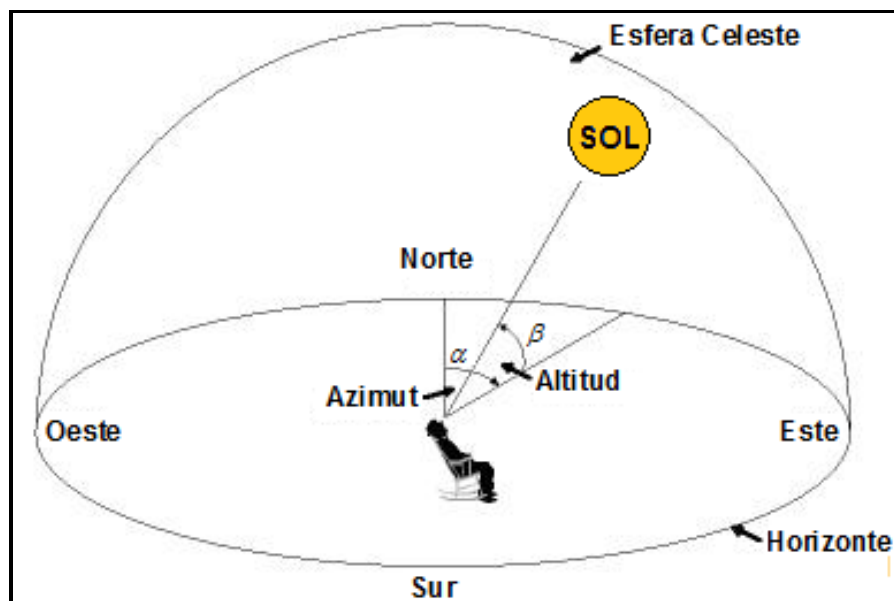
---

<sup>15</sup> El cálculo se lo realiza en una hoja de cálculo de Excel

### 2.2.7.1 Posición del Sol coordenadas angulares

En este tipo de sistema toma como referencia el plano horizontal, que es el plano tangente a la superficie de la Tierra en un punto dado, y ubicamos al Sol según dos ángulos:

- **Azimut ( $\alpha$ ).** Es la distancia angular entre la dirección norte y la dirección de la proyección del Sol sobre el plano horizontal. Se consideran positivos los ángulos medidos hacia el este y negativos los medidos hacia el oeste.
- **Altitud ( $\beta$ ).** Es el ángulo comprendido entre la ubicación del Sol y su proyección sobre el plano horizontal. El ángulo se considera positivo cuando se encuentra ascendente.



Gráfica 2 7 Posición del Sol respecto a una superficie inclinada - <http://www.estacionespacial.com/pasos.php>



## **2.2.8 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y TÉRMICA**

### **2.2.8.1 Energía Solar Fotovoltaica**

El principio de su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica.

Para realizar esta conversión es necesario la utilización de paneles o colectores solares, los cuales se encuentran formados por pequeñas celdas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. Estas pueden estar conectadas en serie o en paralelo dependiendo del suministro de tensión o corriente que satisfaga la demanda.

#### **Aplicaciones:**

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden dividir en dos grupos:

- Instalaciones aisladas de la red eléctrica.

Esta se utiliza para cubrir pequeños consumos eléctricos en el mismo lugar donde se produce la demanda como por ejemplo:

- Viviendas alejadas de la red eléctrica convencional, básicamente electrificación rural.
- Servicios de alumbrado público.
- Aplicaciones agrícolas: bombeo de agua, sistemas de riego, iluminación de invernaderos.
- Señalización de carreteras, etc.

- Instalaciones conectadas a la red eléctrica.

Generalmente son centrales fotovoltaicas, la energía que producen se inyecta directamente a la red eléctrica.

Además se tiene sistemas fotovoltaicos a gran escala que hacen autosustentable edificios e industrias y el excedente de esta energía es entregada a la red.



### **Ventajas:**

- No produce contaminación.
- Disminuye el impacto visual, debido a que no necesita cables, postes.
- Se produce energía con ausencia de ruido.

### **Desventajas:**

Impacto Visual para centrales de generación la necesidad de grandes extensiones de terreno.

### **2.2.8.2 Energía Solar Térmica**

En este tipo de sistema la radiación solar es captada por colectores solares planos, en cuyo interior se encuentra una tubería de cobre por la cual circula agua, aquí se genera un proceso de intercambio de calor produciendo ACS, el cual puede sobrepasar los 50° centígrados.

### **Aplicaciones:**

La energía solar-térmica es utilizado para:

- Calentamiento de agua sanitaria residencial.
- Calefacción por suelo radiante.
- Calentamiento de piscinas.
- Calentamiento de agua para usos industriales.

### **Ventajas:**

- Ambientalmente, es un tipo de energía limpia e inagotable
- Socialmente, evita riegos de transportación de petróleo para las centrales de generación, así como accidentes nucleares.

## 2.3 CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La captación de Energía Solar se lo realiza mediante un colector solar térmico que no es más que un dispositivo que transforma la radiación solar en energía interna que calienta un fluido.



Gráfica 2 8 Captación de la Energía Solar – [jupiter.utm.mx](http://jupiter.utm.mx)

Las características principales que debe tener un colector solar térmico<sup>16</sup> son:

- Resistencia a las condiciones exteriores (polvo, nieve, granizo, etc.)
- Resistencia a altas y bajas temperaturas.
- Estable y duradero.
- Fácil de montar.
- Eficiente en conversiones de energía.

---

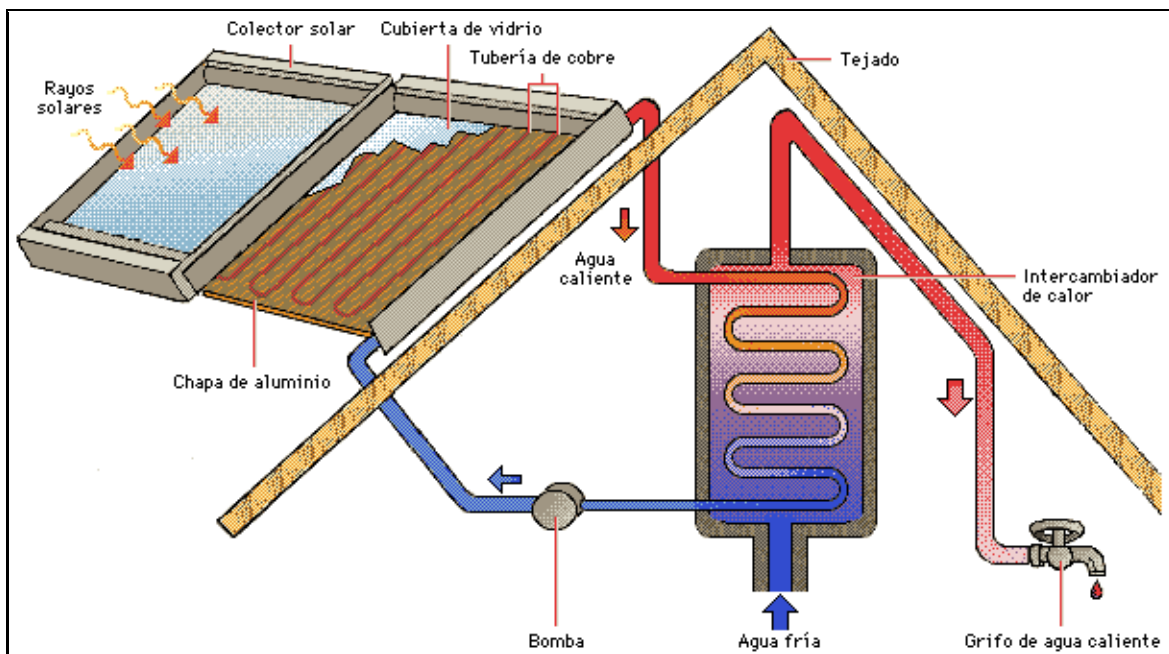
<sup>16</sup> Estas características son exigidas por diferentes normativas vigentes como son: UNE 94101, EN 12975, ISO 9806 e INTA 610001.

### 2.3.1 SISTEMAS TERMOSOLARES DE BAJA TEMPERATURA.

Los sistemas termosolares de baja temperatura según su funcionamiento se clasifican en dos grandes grupos:

- **Sistemas Activos**

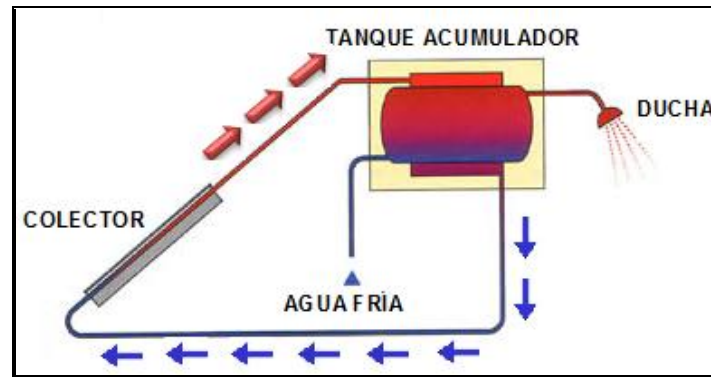
Son aquellos que necesitan de energía externa para su correcto funcionamiento, en este caso una bomba o similar que funciona con energía externa (electricidad), con el fin de hacer circular el agua a través del sistema.



Gráfica 2 9 Sistema de Calentamiento Termo Solar Activo – Ciencia para todos/ energía solar

- **Sistemas Pasivos.**

Estos en cambio no requieren de equipos o sistemas externos para su funcionamiento, sino más bien utilizan principios físicos naturales como es el caso del sistema termosifón, los cuales funcionan por el principio de la separación de fluidos debido a su densidad.



Gráfica 2 10 Sistema Termosifón Solar Activo - Ciencia para todos/ energía solar

### 2.3.2 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA TERMOSESOLAR.

Consiste en la captación de la energía del Sol la cual se transforma en calor, que se puede aprovechar para la producción de agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica.

Un sistema termosolar está constituido de los siguientes elementos:

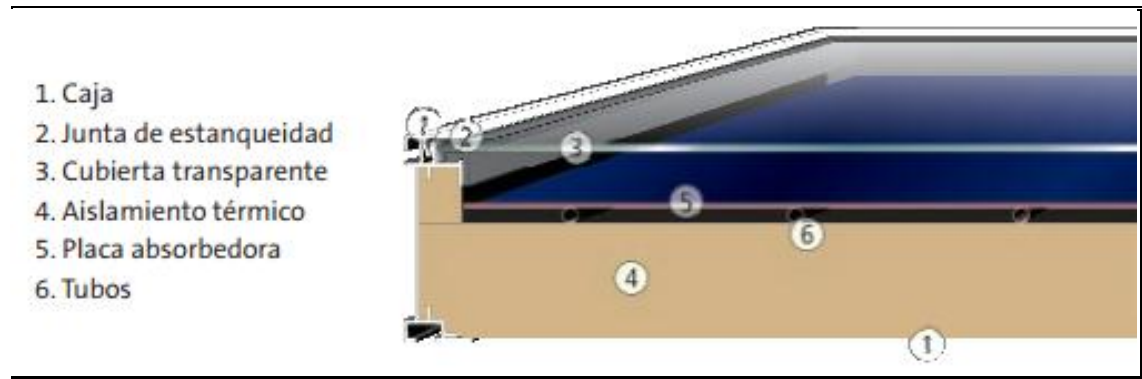
#### 2.3.2.1 Colector

Son sistemas simples que permiten obtener energía calórica de baja temperatura.

Los colectores se dividen en dos tipos básicos: placa plana y tubos de vacío

##### **1. Los colectores de placa plana.**

Este tipo de colector es eficiente para obtener agua caliente sanitaria. Además, otra de sus ventajas es que su orientación es fija, y aprovecha tanto la radiación solar directa como la difusa.

Gráfica 2 11 Partes de un concentrador de placa plana – [www.interrmasoalr.com](http://www.interrmasoalr.com)

Se componen principalmente de 4 elementos:

- La carcasa.

Contenedor de todos los elementos anteriores, es la encargada de proteger los elementos que constituyen el Colector Solar.

- Junta de la cubierta transparente.

Es un material elástico cuya función principal es mantener la estanqueidad del captador impidiendo la entrada de agua cuando hay lluvia.

- La cubierta transparente.

Puede ser de vidrio o similar, es la encargada de permitir el ingreso de la radiación solar y evitar que el calor emitido por la placa captadora se escape del sistema y de esta manera reducir las pérdidas por calor.

- El aislante.

La placa captadora está protegida por el aislamiento de la parte lateral y de la parte inferior para impedir la pérdida de calor.

- La placa captadora.

Es una superficie metálica, negra que absorbe la radiación solar, de la manera más eficiente, para de esta forma convertirla en calor, además en



esta placa se encuentran la tubería por la cual circula el fluido, hacia la zona de consumo típicamente por intermedio de un depósito acumulador.

- Tubos.

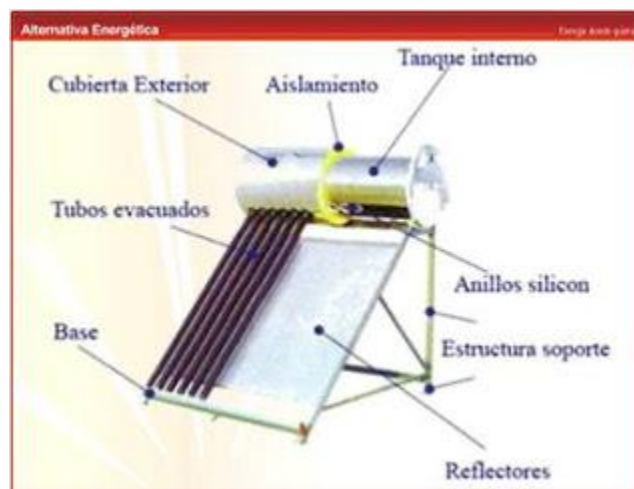
Los tubos son de cobre ya que este es un buen conductor de calor, el diámetro de la tubería es de  $\frac{1}{2}$ " para que la energía calorífica se reparta uniformemente por el fluido.

## 2. Los colectores de Tubo de vacío.

Su funcionamiento consiste en colocar placas absorbentes de energía y tubos con fluidos de trabajo dentro de un tubo al vacío, el cual contribuye a la reducción de pérdidas, además este minimiza la influencia de las condiciones climáticas (condensación humedad, etc.) sobre los materiales empleados, evitando su rápido deterioro y mejorando así la durabilidad y el rendimiento del sistema.

Los componentes principales son:

- Tubos de vidrio.
- Placas Absorbentes.
- Soporte.
- Sistema de Almacenamiento.

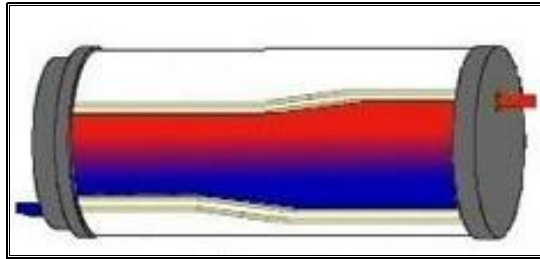


Gráfica 2 12 Partes principales del colector solar de tubos de vacío - <http://www.mybestcv2.co.il/>

TextPage\_EN.aspx?ID=11501153

### 2.3.2.2 El tanque

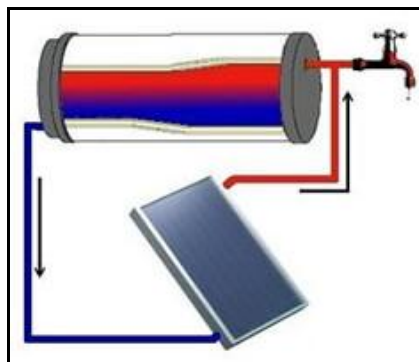
A medida que avanza el día, el agua en el tanque se calienta cada vez más, alcanzando su temperatura de utilización. Para poder tener agua caliente en cualquier momento del día, el tanque debe estar aislado, es decir, no dejar que se enfríe el agua bajo cualquier circunstancia, al disminuir las pérdidas de calor.



Gráfica 2 13 Tanque de acumulación - Ciencia para todos/ energía solar

### 2.3.2.3 Las Tuberías

Las tuberías son los elementos que permiten conducir el agua entre colector y el tanque, pero también hacia los puntos de consumo. Para esto las cañerías deben ser apropiadas para el uso de agua caliente, y deben estar aisladas a efecto de disminuir las pérdidas de calor.



Gráfica 2 14 Sistema de Tuberías - Ciencia para todos/ energía solar

### 2.3.2.4 El efecto termosifón

El efecto termosifón es aquel que hace que las masas de agua caliente se muevan hacia arriba, desplazando a las masas de agua fría por efecto de tener una menor



densidad. Este efecto utiliza un sistema termo solar simple, para lograr que el agua caliente este siempre disponible para el uso y, el agua fría entre el colector para calentarse. Así en un tanque y en el mismo colector, el agua caliente siempre estará arriba y el agua fría abajo.

Para que el efecto termosifón funcione, es necesario siempre, que el tanque se encuentre por encima del punto más alto de los colectores, de esa manera se podrá establecer los flujos necesarios.

## **2.4 ANÁLISIS DE RADIACIÓN SOLAR EN LA CIUDAD DE CUENCA-ECUADOR**

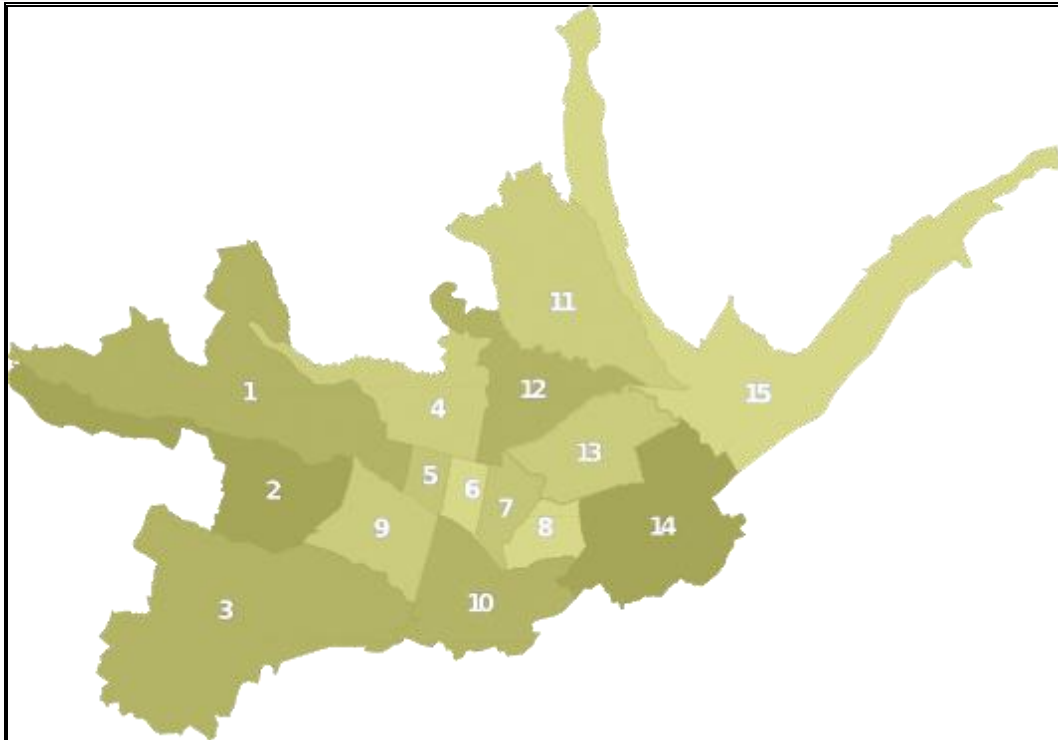
La ciudad de Cuenca-Ecuador se encuentra localizada a  $2^{\circ}53'51''S$  y  $79^{\circ}00'16''O$  a una altura de 2550 msnm. El cantón Cuenca tiene una población de aproximadamente 505.585 habitantes, según el censo de población realizado por el INEC en el año 2010, con una tasa de crecimiento del 2% anual. [6]

La población del cantón Cuenca se divide en dos, zonas urbanas y rurales:

Zonas Urbanas, que alcanzan el 67% correspondiente a 338.742 habitantes.

Zonas Rurales, que alcanzan el 33% correspondiente a 166.843 habitantes.

El presente análisis se lo realizó en la zona urbana de la ciudad de Cuenca



Gráfica 2 15 Ciudad de Cuenca Parroquias Urbanas - Municipalidad de Cuenca, 2011

1. San Sebastián	6. El Sagrario	11. Hermano Miguel
2. El Batán	7. San Blas	12. El Vecino
3. Yanuncay	8. Cañaribamba	13. Totoracocha
4. Bellvista	9. Sucre	14. Monay
5. Gill Ramírez Dávalos	10. Huaynacapac	15. Machángara

En la Gráfica 2.15 se observa las parroquias urbanas que conforman la ciudad de Cuenca las cuales van a ser objeto de análisis.

#### 2.4.1 IRRADIACIÓN SOLAR SOBRE PLANO HORIZONTAL

Los datos de Irradiación Solar sobre plano horizontal, se ha tomado de diferentes fuentes como son: NASA, INAMI, ISOCAD, CENSOLAR y los datos de radiación solar del CONELEC, con la finalidad de tomar uno de ellos como el de mayor relevancia y proceder a realizar los cálculos de irradiación solar sobre plano inclinado.



A continuación se explica brevemente cada una de las fuentes de donde se recopilieron los datos de Irradiancia para la ciudad de Cuenca.

**- NASA:**

Los datos proporcionados por la NASA (National Aeronautics and Space Administration) varían dependiendo de la ubicación para ello se debe ingresar los datos de latitud y longitud lo cual da mayor precisión de los valores obtenidos.

Una vez ingresado los datos requeridos por el software de latitud y longitud correspondientes, ya sea en decimal, grados o grados y minutos, como se observa en la Gráfica 2.15, este nos proporciona datos no solo de radiación solar sobre plano horizontal, sino además, temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad el viento, temperatura de la tierra, etc. datos valederos para diferentes ámbitos de estudio.

Como podemos ver en el ANEXO 3, se tiene los datos de radiación solar sobre plano horizontal proporcionados por la NASA, para la ubicación de la ciudad de Cuenca, la cual se encuentra a una latitud de  $-2.90487^\circ$  y longitud de  $-78.98593^\circ$ .

**ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER** **NASA Surface meteorology and Solar Energy**

**To access data for RETScreen:**

Enter BOTH latitude and longitude either in decimal degrees or degrees and minutes separated by a space.

**Example:** Latitude 33.5 OR Latitude 33 30  
Longitude -80.75 Longitude -80 45

**Latitude?**  South: -90 to 0 North: 0 to 90

**Longitude?**  West: -180 to 0 East: 0 to 180

*This form is "Reset" if the input is out of range.*

Gráfica 2 16 Datos a ingresar para obtener la Radiación Solar sobre plano Inclinado - NASA

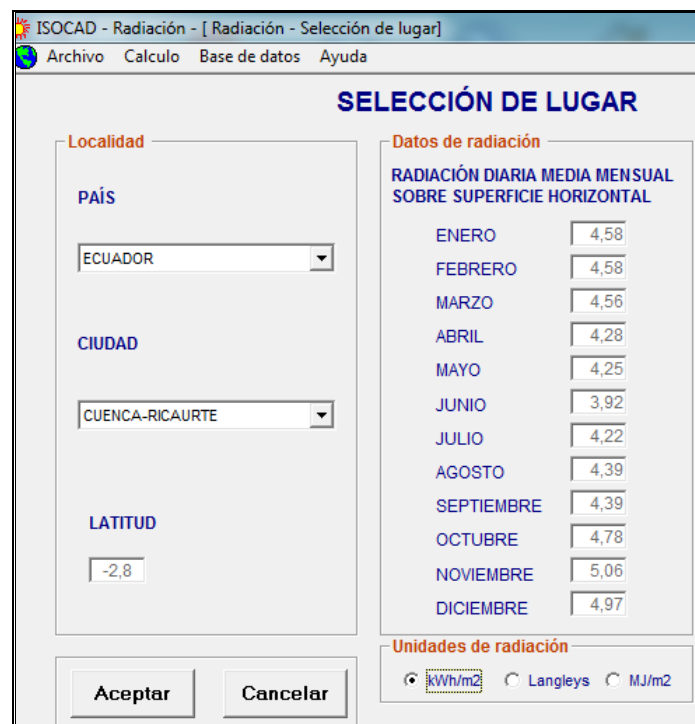
## INAMHI:

Los datos proporcionados por el INAMHI, viene dados por un MAPA de Isorradiación Solar Anual o ISO líneas para el Ecuador, este mapa proporciona un valor medio anual, para cada una de las regiones del Ecuador, incluyendo el archipiélago de Galápagos. La radiación Solar sobre superficie horizontal para la ciudad de Cuenca será de  $4000\text{Wh/m}^2 \times \text{día}$  ( $4\text{KWh/m}^2 \times \text{día}$ ), este valor utilizaremos para los cálculos, y se puede constatar en el Anexo 4.

## ISOCAD:

ISOCAD es un software que nos pide seleccionar el País y la Ciudad que va a ser tema de nuestro análisis, este a su vez tiene una base de datos de latitud que para nuestro caso lo asume de  $-2.8^\circ$ , de igual manera como en el caso del método de la NASA, el software proporciona resultados de radiación solar sobre superficie horizontal mes a mes como podemos ver a continuación tanto en  $\text{KWh/m}^2$ , Langleys y  $\text{MJ/m}^2$ .

Los datos de temperatura se suponen constantes e iguales a  $20^\circ\text{C}$



SELECCIÓN DE LUGAR	
Localidad	
PAÍS	ECUADOR
CIUDAD	CUENCA-RICAURTE
LATITUD	-2.8

Datos de radiación	
RADIACIÓN DIARIA MEDIA MENSUAL SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL	
ENERO	4,58
FEBRERO	4,58
MARZO	4,56
ABRIL	4,28
MAYO	4,25
JUNIO	3,92
JULIO	4,22
AGOSTO	4,39
SEPTIEMBRE	4,39
OCTUBRE	4,78
NOVIEMBRE	5,06
DICIEMBRE	4,97

Unidades de radiación:  kWh/m<sup>2</sup>  Langleys  MJ/m<sup>2</sup>

Gráfica 2 17 Datos de Radiación Solar sobre plano inclinado - ISOCAD

## CENSOLAR:

Es un software que no solo ha sido diseñado para proporcionar datos o información de interés netamente científico, ni tampoco para ofrecer simulaciones teóricas de dudosa utilidad práctica. Su finalidad es proporcionar una herramienta que permita entender los pasos a seguir para aprovechar de la mejor manera la irradiación solar y en sí el diseño general de una instalación ya sea solar-térmico o solar-fotovoltaico<sup>17</sup>.

A continuación tenemos la tabla de datos de irradiación solar sobre superficie horizontal proporcionados por CENSOLAR para la ciudad de Cuenca a una latitud de -2.8°.

ALEMANIA	FINLANDIA	MOZAMBIQUE	AMBATO (-01.2°)											
ANGOLA	FRANCIA	NAMIBIA	ASTRONOMICO (-00.2°)											
ANTÁRTIDA	GHANA	NICARAGUA	BABAHOYO (I, MARIA) (-01.8°)											
ARGELIA	GRAN CAIMÁN	NIGERIA	BAHIA DE CARAQUEZ (-00.6°)											
ARGENTINA	GRANADA	NUEVA ZELANDA	BAÑOS (-01.4°)											
ÁRTICO	GRECIA	PAKISTÁN	BOYACA (-00.5°)											
AUSTRALIA	GUATEMALA	PANAMÁ	BUCAY (-02.1°)											
AUSTRIA	GUINEA	PARAGUAY	CAMPOSANO (-01.5°)											
AZORES	GUINEA PORTUGUESA	PERÚ	CAÑAR (-02.6°)											
BARBADOS	GUYANA	PORTUGAL	CARIAMANGA (-04.3°)											
BÉLGICA	HAITÍ	REPÚBLICA DOMINICANA	CHARLES DARWIN (-00.7°)											
BELIZE	HONDURAS	REUNIÓN	COCA (-00.4°)											
BIRMANIA	HUNGRIA	RUMANÍA	COTOPAXI (-00.6°)											
BOLIVIA	INDIA	RUSIA	<b>CUENCA-RICAURTE (-02.8°)</b>											
BOTSWANA	IRAK	SANTA LUCÍA	EL PUYO (-01.5°)											
BRASIL	IRÁN	SANTO TOMÉ Y PRÍNCIPE	FLAVIO ALFARO (-00.4°)											
BULGARIA	IRLANDA	SENEGAL	GUAYAQUIL (-02.2°)											
CABO VERDE. ISLAS	ISLANDIA	SINGAPUR	GUAYAQUIL-AEROPUERTO (-02.2°)											
CANADÁ	ISRAEL	SOMOA AMERICANA	HACIENDA SANGAY (-01.7°)											
CHAD	ITALIA	SRI LANKA	HDA. SAN VICENTE (-00.5°)											
CHEQUIA / ESLOVAQUIA	JAMAICA	SUDÁFRICA	IBARRA (+00.3°)											
CHILE	JAPÓN	SUDÁN	INGUINCHO (+00.2°)											
CHINA	JORDANIA	SURINAM	ISABEL MARIA (-01.8°)											
COLOMBIA	KENIA	TAILANDIA	IZOBAMBA (-00.3°)											
CONGO	KUWAIT	TAIWÁN	JAMA (-00.2°)											
COREA	LÍBANO	TANZANIA	JULCUY (-01.4°)											
COSTA RICA	MACAO	TRINIDAD-TOBAGO	LA CLEMENTINA (-01.6°)											
CUBA	MADAGASCAR	TÚNEZ	LA CONCORDIA (+00.1°)											
DOMINICA	MADEIRA. ISLAS	TURQUÍA	LA NARANJA (-01.3°)											
<b>ECUADOR</b>	MALASIA	UGANDA	LA NARANJA-JIPIJAPA (-01.3°)											
EGIPTO	MALTA	URUGUAY	LATACUNGA (-00.9°)											
EL SALVADOR	MALVINAS. ISLAS	VENEZUELA	LOJA (-04.0°)											
ESPAÑA	MARRUECOS	VÍRGENES. ISLAS	MACARA (-04.3°)											
ESTADOS UNIDOS	MARTINICA	ZAIRE	MACAS (-02.3°)											
ETIOPÍA	MAURITANIA	ZAMBIA	MACHALA (-03.2°)											
FIJI. ISLAS	MÉXICO	ZIMBAWE	MALCHINGUI (+00.0°)											
FILIPINAS	MONGOLIA		MANTA (-00.9°)											
© CENSOLAR														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	
Menú	MJ/m²:	16.5	16.5	16.4	15.4	15.3	14.1	15.2	15.8	15.8	17.2	18.2	17.9	16.2
	kW-h/m²:	4.6	4.6	4.6	4.3	4.2	3.9	4.2	4.4	4.4	4.8	5.1	5.0	4.5

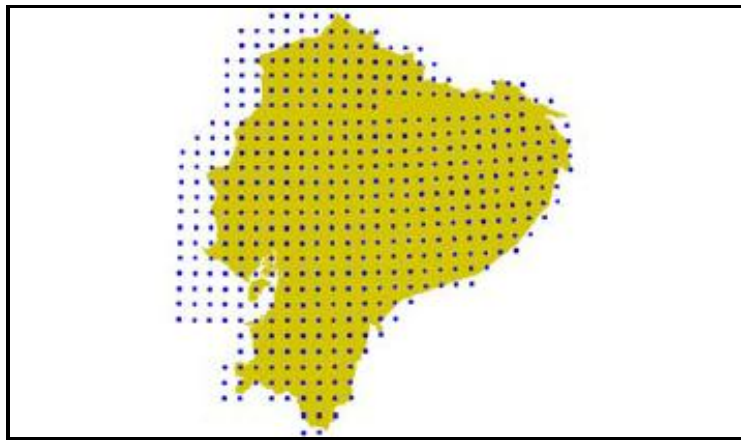
Gráfica 2 18 Datos de Irradiación Solar sobre plano inclinado - CENSOLAR

<sup>17</sup> <http://www.censolar.es/censol50.htm>

## ATLAS SOLAR DEL CONELEC:

El Atlas viene dado en base a mapas mensuales de insolación directa, global y difusa, estos datos han sido recopilados desde el 1 de Enero de 1985, hasta el 31 de Diciembre de 1991, siendo publicados en Julio de 2006, cada uno de los mapas viene expresado en Wh/m<sup>2</sup>/día.

Para la obtención de datos, al continente ecuatoriano se lo ha dividido en celdas de 40Km x 40 Km, lo cual dio una cobertura de 472 puntos como se observa en la Grafica 2.19. Una vez obtenido los datos se utilizó un método de interpolación que de mejor manera se asemeje al fenómeno analizado con una resolución de 1 Km<sup>2</sup>.



Gráfica 2 19 Obtención de datos de irradiación dividiendo al Ecuador en celdas de 40Km x 40Km – Atlas Solar del CONELEC

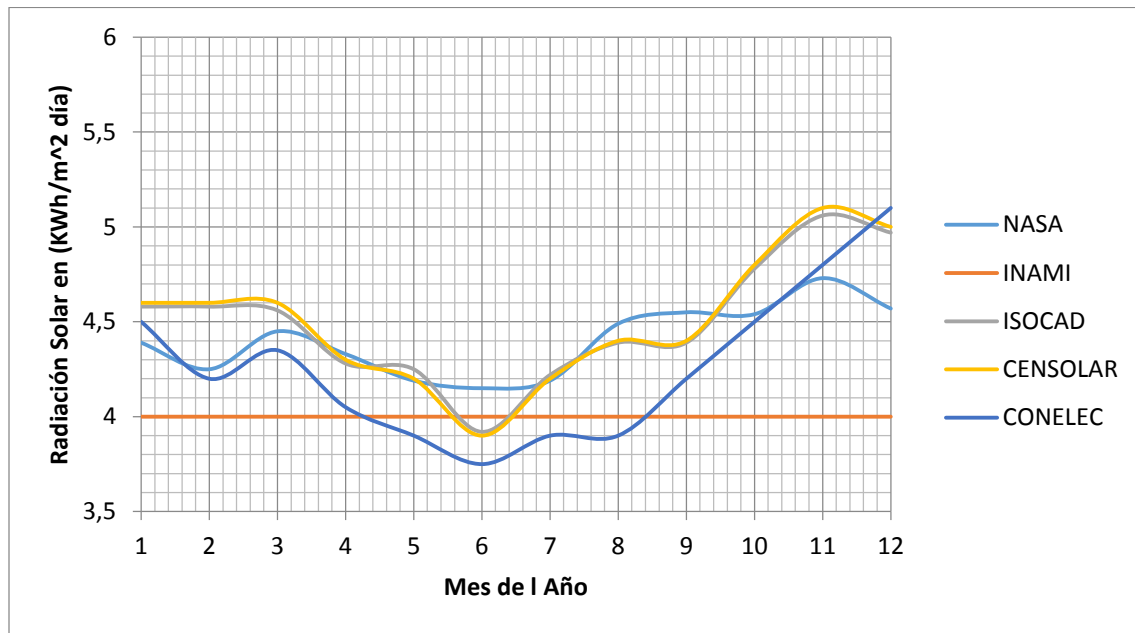
Al final se obtuvo 36 mapas mensuales, más 3 mapas correspondientes a los promedios anuales, dando un total de 39 mapas, los cuales se encuentran en la página del CONELEC.

Para el caso de Cuenca en la tabla 2.4 se puede observar los valores de radiación solar sobre plano horizontal e inclinado para cada uno de los meses del año.



RADIACIÓN SOLAR SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL											
NASA DATA (KW/m² x día)											
Gdm (Superficie Horizontal)											
ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4,39	4,25	4,45	4,33	4,19	4,15	4,19	4,49	4,55	4,54	4,73	4,57
INAMI DATA (KW/m² x día)											
Gdm (Superficie Horizontal)											
ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ISOCAD (KW/m² x día)											
Gdm (Superficie Horizontal)											
ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4,58	4,58	4,56	4,28	4,25	3,92	4,22	4,39	4,39	4,78	5,06	4,97
CENSOLAR (KW/m² x día)											
Gdm (Superficie Horizontal)											
ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4,6	4,6	4,6	4,3	4,2	3,9	4,2	4,4	4,4	4,8	5,1	5
CONELEC DATA (KW/m² x día)											
Gdm (Superficie Horizontal)											
ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4,5	4,2	4,35	4,05	3,9	3,75	3,9	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1

Tabla 2 4 Irradiación Solar sobre Plano Horizontal con Datos de diferentes Fuentes – Elaboración Propia



Gráfica 2 20 Irradiación Solar sobre plano Horizontal - Elaboración Propia

## 2.4.2 IRRADIACIÓN SOLAR SOBRE PLANO INCLINADO

Para el cálculo de la irradiación Solar sobre plano inclinado se utilizara la siguiente fórmula:

$$G_{dm}(\beta) = [A \times G_{dm}(0)] + [B \times (G_{dm}(0))^2]$$



Para lo cual se toma algunos datos en consideración como son:

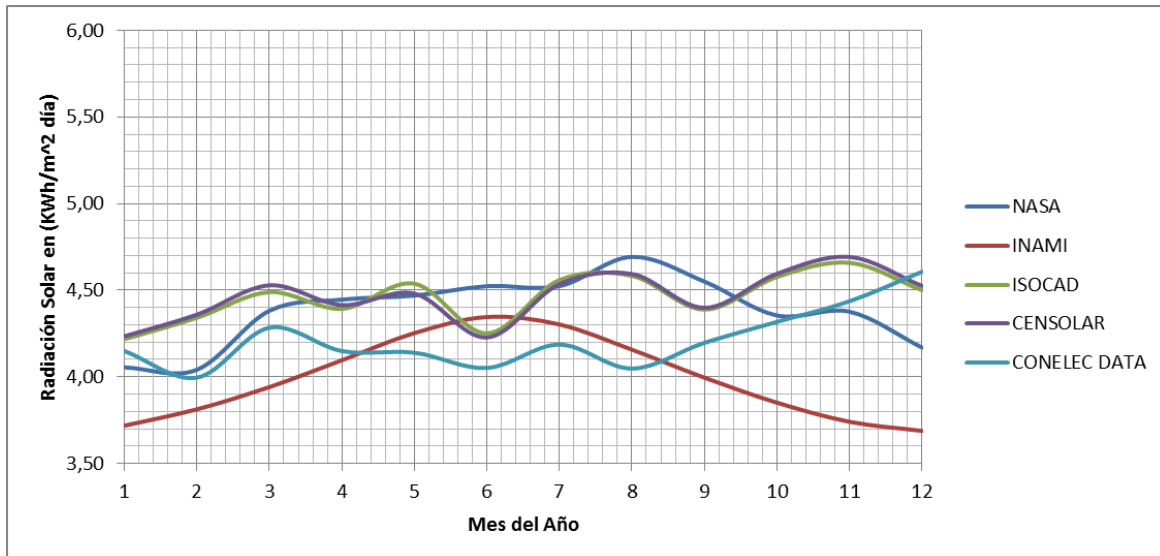
1. El coeficiente de reflexión (“ $\rho$ ”) del suelo que viene dado por tablas, para nuestro caso hemos utilizado un  $\rho = 0.4$ , ya que este corresponde a un tipo de suelo de grava y es el más idóneo para fines de cálculo.
2. La inclinación (“ $\beta$ ”) del panel viene dado por  $\beta = |\phi| + 10^\circ$ , donde  $\phi$  es la latitud en la que se encuentra el lugar a ser analizado, para nuestro caso es de  $-2.90487^\circ$  aproximadamente  $-3^\circ$ , con lo que obtenemos una inclinación del panel de  $13^\circ$ , pero por procesos experimentales, se recomienda que la inclinación mínima del panel Solar debe ser de  $15^\circ$  con la finalidad de evitar acumulación de polución y de esta manera que no disminuya su capacidad de captación.
3. El coeficiente A depende de la inclinación (“ $\beta$ ”) del panel y del coeficiente de reflexión (“ $\rho$ ”).
4. El coeficiente B depende de la latitud (“ $\phi$ ”) del lugar, además de la inclinación del panel (“ $\beta$ ”) y del mes del año.
5.  $G_{dm}(0)$  que es la radiación sobre superficie horizontal, datos que ya obtuvimos en la sección del análisis de la radiación solar sobre superficie horizontal.

Los valores de los coeficientes A y B se obtuvieron del texto ingeniería sin fronteras, una vez obtenido los datos ingresamos en la fórmula para estimar la Irradiación Global que incide sobre el panel, cuando se inclina  $\beta$  grados sobre la horizontal.

En la Tabla 2.5 tenemos los datos de la Irradiación Global sobre superficie inclinada mes a mes y en color amarillo se encuentra el mes de menor irradiación, de cada una de las fuentes de las que se recopilaron los datos de radiación solar sobre superficie horizontal.

RADIACIÓN SOLAR SOBRE SUPERFICIE INCLINADA											
<b>NASA DATA (KW/m<sup>2</sup> x día)</b>											
Gdm(15°) Radiación Sobre Superficie Inclínada											
ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4,06	4,04	4,38	4,45	4,47	4,52	4,52	4,69	4,55	4,35	4,38	4,17
<b>INAMI DATA (KW/m<sup>2</sup> x día)</b>											
Gdm(15°) Radiación Sobre Superficie Inclínada											
ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
3,72	3,81	3,94	4,10	4,25	4,35	4,30	4,16	4,00	3,85	3,74	3,69
<b>ISOCAD (KW/m<sup>2</sup> x día)</b>											
Gdm(15°) Radiación Sobre Superficie Inclínada											
ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4,22	4,34	4,49	4,39	4,54	4,23	4,56	4,58	4,39	4,58	4,66	4,50
<b>CENSOLAR (KW/m<sup>2</sup> x día)</b>											
Gdm(15°) Radiación Sobre Superficie Inclínada											
ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4,23	4,36	4,53	4,41	4,48	4,23	4,54	4,59	4,40	4,60	4,69	4,53
<b>CONELC DATA (KW/m<sup>2</sup> x día)</b>											
Gdm(15°) Radiación Sobre Superficie Inclínada											
ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4,15	4,00	4,28	4,15	4,14	4,05	4,19	4,05	4,20	4,32	4,44	4,61

Tabla 2 5 Irradiación Solar sobre Plano Inclinado con diferentes Fuentes - Elaboración Propia



Gráfica 2 21 Irradiación Solar sobre plano Inclinado - Elaboración Propia

En la Gráfica 2.21 se tiene el resultado de la irradiación solar sobre superficie inclinada, el cual tiene un rango de variación pequeño el cual se encuentra entre un máximo de 4,69 y un mínimo de 3,69 KWh/m<sup>2</sup>/día, siendo el método del INAMI uno de los que más difiere.

En la Tabla 2.6 se muestra un resumen de los datos de irradiación solar sobre superficie inclinada por mes, además la media, mayor y menor anual, y de igual

manera que en la tabla anterior, en amarillo el menor valor anual de cada una de las fuentes, así como el menor valor de la media, mayor y menor anual.

RADIACIÓN SOLAR SOBRE SUPERFICIE INCLINADA EN (KW/m <sup>2</sup> x día)						
DATOS:			FÓRMULA			
ρ	0,4		$G_{dm}(\beta) = [A \times G_{dm}(0)] + [B \times (G_{dm}(0))^2]$			
β	15					
A	0,99					
Resumen de Datos de Radiación Solar sobre superficie inclinada con diferentes fuentes.						
MES	NASA DATA	INAMI DATA	ISOCAD	CENSOLAR	CONELEC DATA	PROMEDIO
ENERO	4,06	3,72	4,22	4,23	4,15	4,07
FEBRERO	4,04	3,81	4,34	4,36	4,00	4,11
MARZO	4,38	3,94	4,49	4,53	4,28	4,32
ABRIL	4,45	4,10	4,39	4,41	4,15	4,30
MAYO	4,47	4,25	4,54	4,48	4,14	4,38
JUNIO	4,52	4,35	4,25	4,23	4,05	4,28
JULIO	4,52	4,30	4,56	4,54	4,19	4,42
AGOSTO	4,69	4,16	4,58	4,59	4,05	4,42
SEPTIEMBRE	4,55	4,00	4,39	4,40	4,20	4,31
OCTUBRE	4,35	3,85	4,58	4,60	4,32	4,34
NOVIEMBRE	4,38	3,74	4,66	4,69	4,44	4,38
DICIEMBRE	4,17	3,69	4,50	4,53	4,61	4,30
MEDIA ANUAL	4,38	3,99	4,46	4,47	4,21	4,30
MAYOR ANUAL	4,69	4,35	4,66	4,69	4,61	
MENOR ANUAL	4,04	3,69	4,22	4,23	4,00	

Tabla 2.6 Resumen de Datos de Irradiación Solar sobre superficie inclinada con diferentes Fuentes - Elaboración Propia

Una vez terminado el análisis de irradiación solar sobre superficie horizontal e inclinada con los diferentes métodos de cálculo, y obtenido una media anual de cada uno de ellos, se procede a sacar un promedio de los valores medios anuales de cada uno de los métodos con lo que se tiene que la radiación media anual para la ciudad de Cuenca-Ecuador es de **4.3 KWh/m<sup>2</sup>/día**. A su vez la radiación media mensual para la ciudad de Cuenca-Ecuador la podemos observar en la Tabla 2.6



## 2.5 UBICACIÓN E IMPLEMENTACION ESTRATÉGICA DE LOS SISTEMAS TERMO-SOLARES RESIDENCIALES

### 2.5.1 ORIENTACIÓN DE LOS PANELES

Debido a que el sol se encuentra en constante movimiento, se hace necesario buscar algún criterio para determinar la orientación más adecuada del panel en el lugar en el que se lo vaya a instalar.

Esta orientación está determinada por dos ángulos, el *acimut* y la *inclinación* o *altitud*  $\beta$ <sup>18</sup> [7].

- Acimut

Conviene tener girado el panel hacia la línea ecuatorial (en este caso se orientará el panel hacia el norte, ya que la ciudad de Cuenca se encuentra en el hemisferio sur) para que durante el día el panel capte la mayor cantidad de radiación.

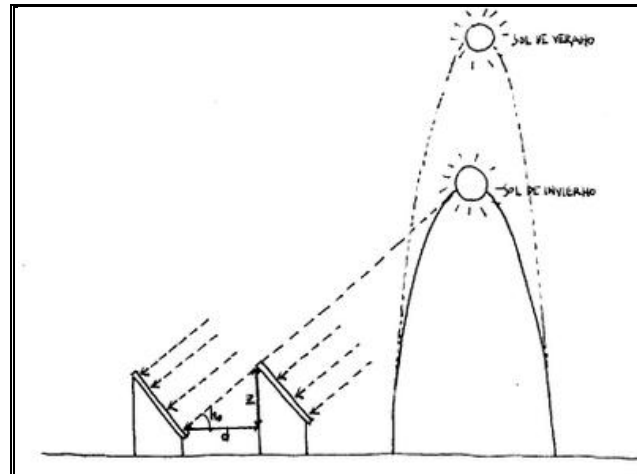
Hay que tener especial cuidado en que no se produzcan sombras sobre los paneles o parte de ellos, para lo cual es preciso estudiar los elementos que rodean al campo de paneles (árboles, edificios, etc.). Resulta útil trazar un plano de sombras sobre la instalación que representa la elevación de los obstáculos sobre la horizontal y la trayectoria del sol, con el objetivo de calcular las distancias a las que hay que poner los paneles basándose en el mismo. El recorrido del sol será el correspondiente al solsticio de invierno<sup>19</sup> que es cuando se encuentre más próximo al horizonte, y por lo tanto, el que provoca mayores sombras.

Es admisible desviar los paneles 20° hacia el Este o el Oeste ( $\alpha \pm 20^\circ$ ), cuando la existencia de sombras o los condicionantes del lugar obliguen a ello.

---

<sup>18</sup> La definición de acimut y altitud se las puede ver en la sección 2.2.7.1 de este capítulo.

<sup>19</sup> 22 de Junio en el Hemisferio Sur y 22 de Diciembre en el Hemisferio Norte



Gráfica 2 22 Calculo de la distancia a obstáculos - Ingeniería sin Frontera

Como se aprecia en la Grafica 2.22

$$d = 1.35 * \frac{z}{\tan(h_0)}$$

Donde  $h_0 = 90^\circ - (|\text{latitud}| + 23.5^\circ)$

$d$  : distancia entre obstáculo y panel.

$z$  : altura del obstáculo.

$h_0$  : altura del sol a mediodía en el solsticio de invierno.

- Altitud

Debido a que la máxima altura que alcanza el sol cada día varía según las estaciones, teniendo su máximo en el día de solsticio de verano y su mínimo en el solsticio de invierno, lo ideal sería que el panel siguiese esta variación, pero esto no es posible por razones de coste<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> *La instalación Fotovoltaica (I)*, ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y COOPERACIÓN AL DESARROLLO, Madrid, RED ALMAR ediciones, 1999, pág. 81.



Suele fijarse una  $\beta$  que maximice el ajuste entre la captación y la demanda de energía. Se utilizan inclinaciones iguales al valor absoluto de la latitud del lugar (ángulo  $\Phi$ ) incrementado en  $10^\circ$

$$\beta = |\Phi| + 10^\circ$$

Al encontrarse la ciudad de Cuenca a una latitud de  $-2.904624^\circ$ , se tiene una  $\beta$  de  $12.904624^\circ$ , pero es recomendable que la inclinación del panel nunca se menor de  $15^\circ$ , y por esta razón se desarrollara los cálculos futuros con este ángulo.

### 2.5.2 ADQUISICIÓN DE LOS EQUIPOS

Se dan unas indicaciones generales sobre la adquisición de los equipos antes de abordar los distintos pasos de montaje.

Comprar los equipos a quien ofrezca garantía de reparación o reemplazo de componentes averiados.

Comprobar que los equipos cumplan con las especificaciones indicadas del fabricante y que el equipo funcione correctamente<sup>21</sup>.

Al suministrador le corresponde garantizar el correcto funcionamiento de los equipos entregados. La instalación en conjunto o de cada uno de los componentes deben ir acompañados de una garantía, que incluya la reposición de todos los equipos averiados durante el periodo de vigencia de la misma. Se debería añadir un contrato de mantenimiento que garantice la asistencia del suministrador a la instalación en caso de que sea necesario [8].

### 2.5.3 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA SOPORTE<sup>22</sup>

La estructura soporte mantiene los paneles en la inclinación y orientación elegida, por lo que tiene que ser lo suficientemente robusta, y su forma deberá ser tal que no sea posible la retención de agua de lluvia.

---

<sup>21</sup> Conviene no pagar nunca antes de estar seguro de que todo funcione bien

<sup>22</sup> *La instalación Fotovoltaica (II)*, ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y COOPERACIÓN AL DESARROLLO, Madrid, RED ALMAR ediciones, 1999, pág. 100-104.



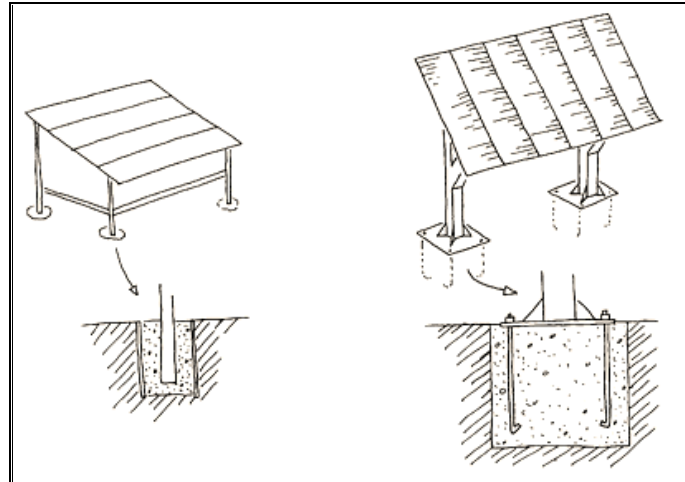
A continuación se comentan las posibilidades más habituales para elegir su emplazamiento:

- **Sobre mástiles.** Adecuados para instalaciones pequeñas, son económicos y permiten evitar las sombras de obstáculos cercanos con facilidad. Esta colocación lo hace sensible al viento.
- **Sobre el suelo.** Para evitar la acumulación de barro o agua, hay que colocar los paneles elevados unos 30 cm por encima del suelo.
- **Sobre el tejado.** Presentan la ventaja de estar más protegidos contra robos y de ensuciarse menos; en cambio, tienen el inconveniente de que es difícil anclar la estructura sobre la cubierta. Se deben utilizar materiales ligeros y cuidar que el anclaje sea capaz de resistir el viento. Tiene que estar como mínimo a 5 cm de la cubierta.
- **Anclados a paredes.** Presentan la ventaja de que, estando también protegidos contra robos y suciedad, no se dependa de la orientación de la cubierta, la exposición al viento es menor y no existe peligro de dañar la impermeabilización de la cubierta.

#### 2.5.4 ANCLAJE Y CIMENTACIÓN

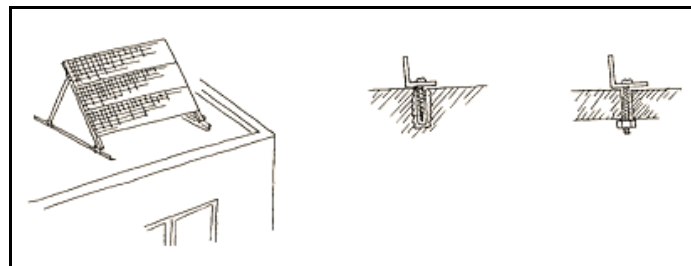
- *Para instalaciones sobre suelo*, lo normal es anclar sobre cimentación de hormigón formada por una losa, o por dados de hormigón para cada amarre. La estructura se fija a la cimentación mediante tornillos, que se habrán introducido en el hormigón fresco.  
Si se va a utilizar madera, conviene protegerla contra la humedad del suelo, los rayos del sol, etc.





Gráfica 2 23 Anclaje en el suelo - Ingeniería sin Fronteras

- *Para los anclajes en techos y paredes, se utilizarán anclajes recibidos, taladros o tornillos de expansión (en muros de bloque y similares), o bien tornillos pasantes con tuercas y arandelas (en paredes de tabla y similares).*



Gráfica 2 24 Anclaje en techos y paredes - Ingeniería sin Fronteras



## CAPITULO 3

## CAPITULO 3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DEL CANTÓN CUENCA

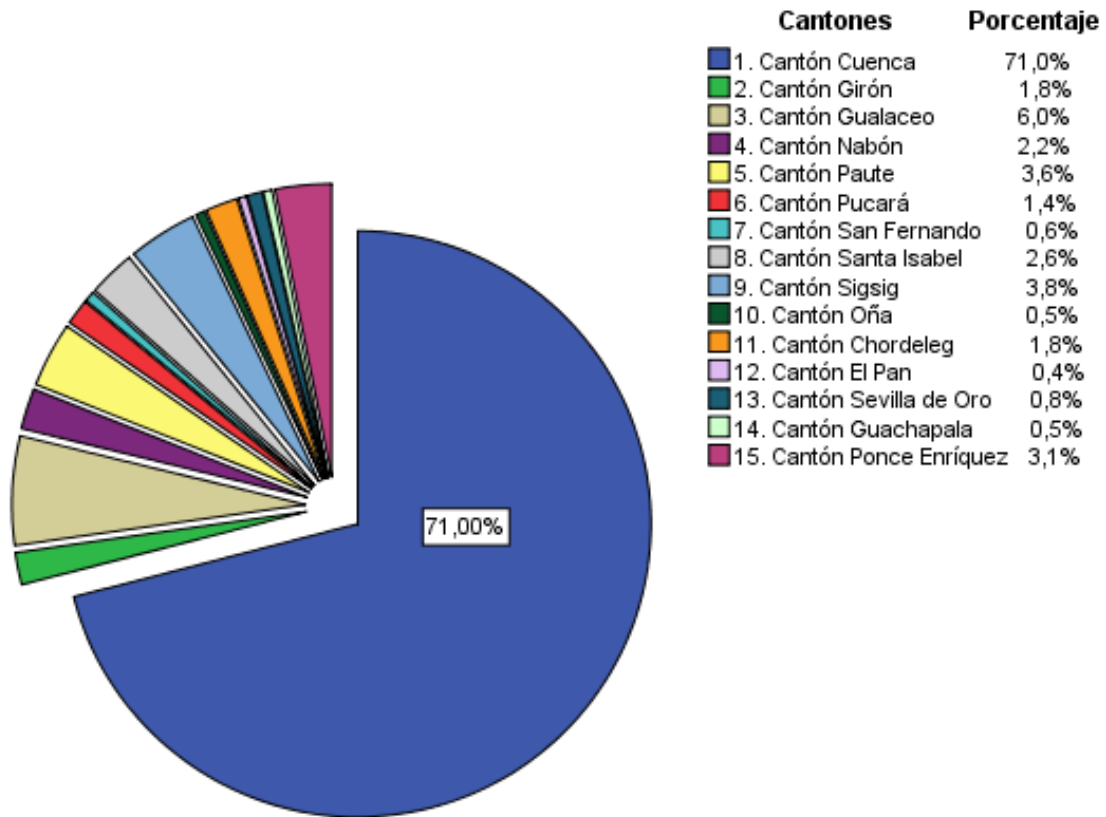
En este capítulo se analiza con los datos existentes en la CENTROSUR el sector de mayor concentración poblacional de la provincia del Azuay, con la finalidad de plantear la implementación de los paneles termo solares, para lo cual nos hemos basado en datos proporcionados por el Censo de población y vivienda del 2010 realizado por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos).

Según el Censo del 2010, la provincia del Azuay tiene 712.127 habitantes, esto es el 0.049%, de un total a nivel del Ecuador de 14'483.499 habitantes, como se observa en la Tabla 3.1 tenemos el número de habitantes por cantón con su respectivo porcentaje a nivel del Azuay.

<b>CANTONES DE LA PROVINCIA DEL AZUAY</b>				
<b>Cantones del Azuay</b>	<b>Número de Habitantes</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje válido</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Cantón Cuenca	505585	71	71	71
Cantón Girón	12607	1,8	1,8	72,8
Cantón Gualaceo	42709	6	6	78,8
Cantón Nabón	15892	2,2	2,2	81
Cantón Paute	25494	3,6	3,6	84,6
Cantón Pucará	10052	1,4	1,4	86
Cantón San Fernando	3993	0,6	0,6	86,5
Cantón Santa Isabel	18393	2,6	2,6	89,1
Cantón Sigsig	26910	3,8	3,8	92,9
Cantón Oña	3583	0,5	0,5	93,4
Cantón Chordeleg	12577	1,8	1,8	95,2
Cantón El Pan	3036	0,4	0,4	95,6
Cantón Sevilla de Oro	5889	0,8	0,8	96,4
Cantón Guachapala	3409	0,5	0,5	96,9
Cantón Ponce Enríquez	21998	3,1	3,1	100
<b>Total</b>	<b>712127</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

Tabla 3 1 Cantones de la Provincia del Azuay - Elaboración Propia

## HABITANTES DE LOS CANTONES DE LA PROVINCIA DEL AZUAY



Gráfica 3 1 Porcentaje de habitantes por cantones de la Provincia del Azuay - Elaboración Propia

Como se observa en la gráfica anterior al cantón Cuenca le corresponde la mayor cantidad de habitantes de la provincia del Azuay con una población para el 2010 de 505.585 habitantes, correspondientes al 71% del total de habitantes de la provincia, estos a su vez están divididos territorialmente en urbanos y rurales, el territorio rural se encuentra dividido en 21 parroquias, las cuales son:

Baños, Chaucha, Checa, Chiquintad, Cumbe, El Valle, Llacao, Molleturo, Nulti, Octavio Cordero Palacios, Paccha, Quingeo, Ricaurte, San Joaquín, Santa Ana, Sayausí, Sidcay, Sinincay, Tarqui, Turi y Victoria del Portete.

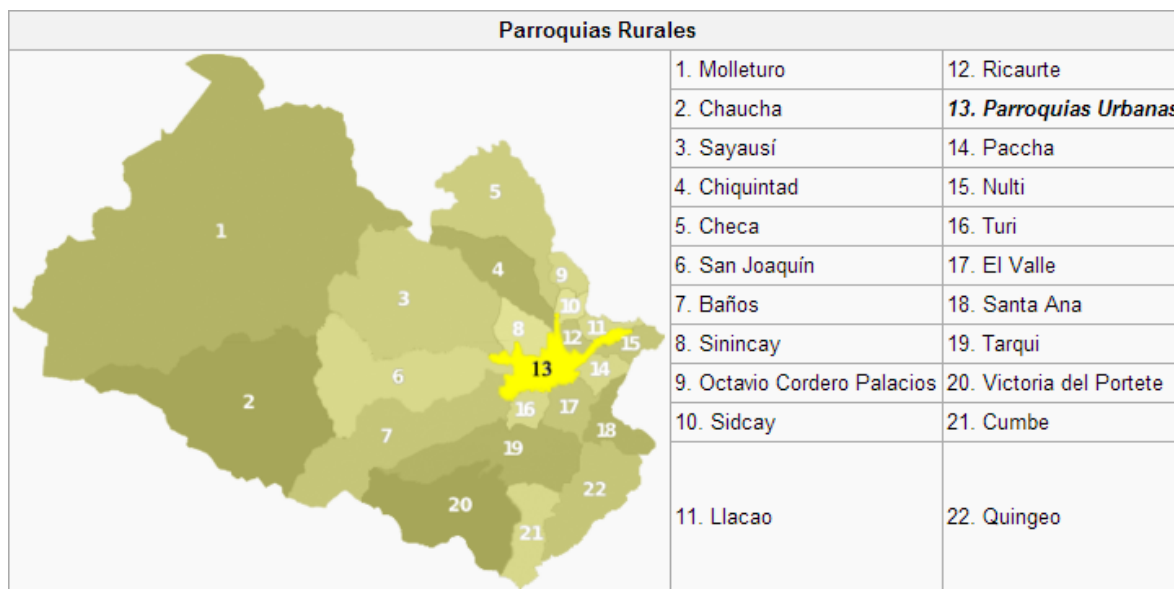
De igual manera el sector urbano está formado por 15 parroquias, las cuales son:

Bellavista, Cañaribamba, El Batán, El Sagrario, El Vecino, Gil Ramírez Dávalos, Hermano Miguel, Huayna Cápac, Machángara, Monay, San Blas, San Sebastián, Sucre, Totoracocha, Yanuncay.

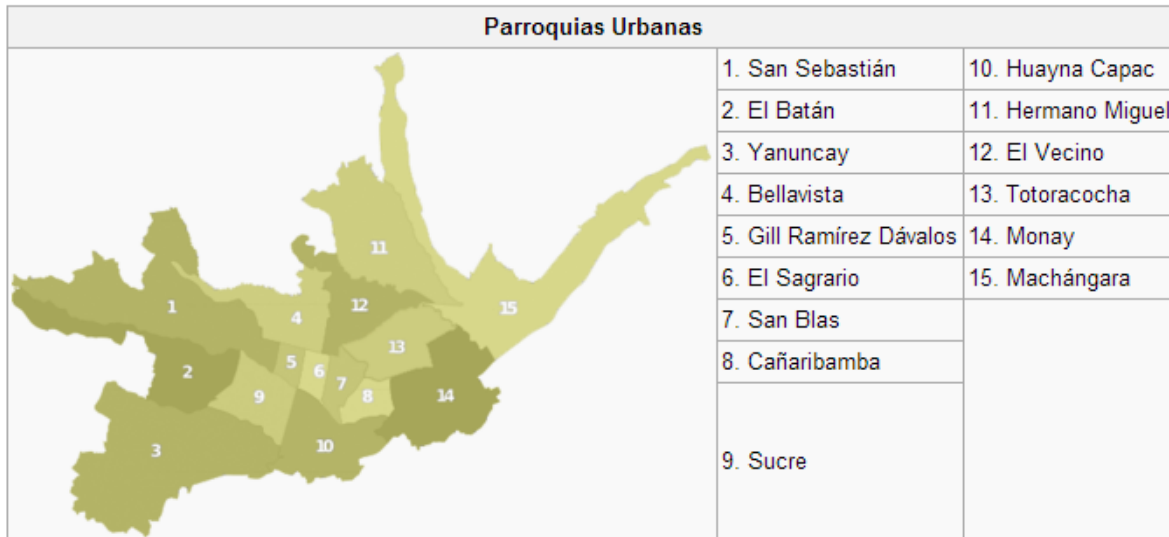
La población de las parroquias urbanas del Cantón Cuenca es de 331.888 habitantes, correspondiente al 65,64%.

Como se puede observar, las parroquias urbanas comprenden la mayor cantidad de habitantes del cantón Cuenca, por ende debido a que es el sector con mayor asentamiento poblacional y mayor concentración se lo tomará como ubicación estratégica para plantear la implementación de los sistemas termo-solares residenciales.

En la Gráfica 3.2 se observa la división política territorial del Cantón Cuenca. [1]



Gráfica 3 2 División Política Territorial del Cantón Cuenca – Alcaldía de Cuenca.

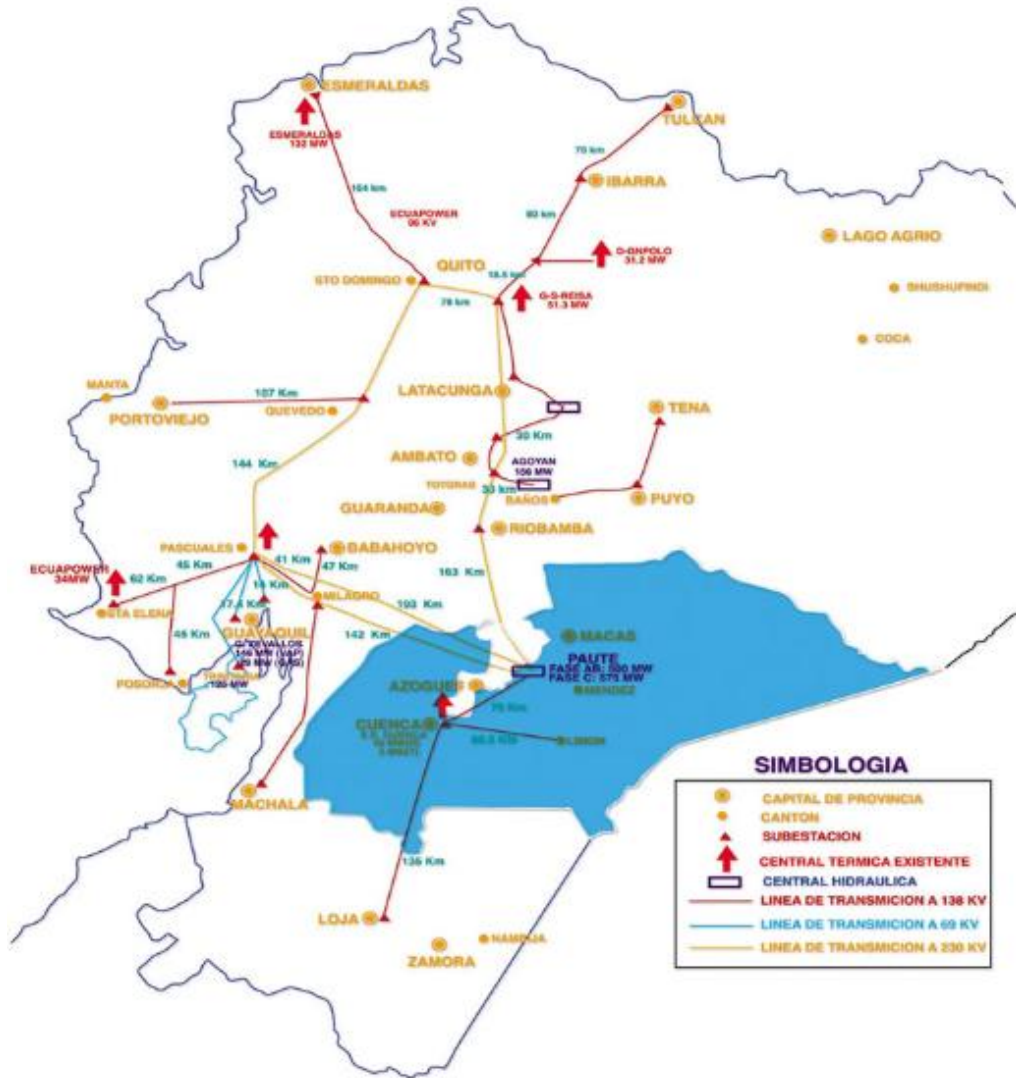


Gráfica 3 3 División Política Territorial de las Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca – Alcaldía de Cuenca.

Una vez definida nuestra área de estudio, se analizará el número de clientes residenciales de las parroquias urbanas del cantón Cuenca servidos por la distribuidora de electricidad, la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur (EERCS) para con estos datos cuantificar la potencial reducción del consumo de energía eléctrica producto de la implementación del sistema termo-solar.

### 3.1 CLIENTES DE LA CENTRO SUR

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, tiene un área de concesión de 29220 km<sup>2</sup>, que comprende las provincias de Azuay, Cañar (excluyendo el área de concesión de la Empresa Eléctrica Azogues) y Morona Santiago como podemos observar en la Gráfica 3.4, (fondo resaltado de color azul).



Gráfica 3 4 Área de concesión de la CENTROSUR - CENTROSUR

En la Tabla 3.2, tenemos el número total de clientes de la EERCS, así como sus consumos tanto en valor real como en porcentaje, divididos por distintos rangos como son:

- Niveles de tensión: Ya sea este en baja o en media tensión.
- Categoría: General o Residencial.
- Grupo de Consumo: Residencial, Comercial, Industrial, Otros.
- Tipo de Consumo: Privado o Público.
- Descripción Tarifaria.

<b>Número Total de Clientes de la CENTROSUR.</b>				
<b>Grupo de Consumo</b>	<b>Clientes</b>	<b>% Total Clientes</b>	<b>Consumo MWh/mes</b>	<b>% Total Consumo</b>
<b>Residencial</b>	287036	88,25%	27538,86	39%
<b>Comercial</b>	27133	8,34%	13362,4	19%
<b>Industrial</b>	6843	2,10%	25860,4	37%
<b>Otros</b>	4255	1,31%	3639,69	5%
<b>Total</b>	<b>325267</b>	<b>100,00%</b>	<b>70401,35</b>	<b>100%</b>

Tabla 3 2 Número total de clientes de la CENTROSUR – Elaboración Propia

Como se indicó anteriormente el área de estudio para la implementación de los sistemas termo-solares, será el área urbana residencial del cantón Cuenca, la cual tiene un total de clientes servidos por la EERCS de 86069 clientes con un consumo mensual de 12060,91 MWh/mes para septiembre de 2012. En la Tabla 3.3 se puede ver el número de clientes y consumos de las diferentes parroquias urbanas del Cantón Cuenca servidas por la EERCS.

<b>Código</b>	<b>Parroquia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Provincia</b>	<b>Zona</b>	<b>Clientes</b>	<b>% Clientes</b>	<b>Consumo MWh/mes</b>	<b>% Consumo</b>
10101	BELLAVISTA	CUENCA	AZUAY	Urbana	6601	7,67%	885,24	7,34%
10102	CAÑARIBAMBA	CUENCA	AZUAY	Urbana	4184	4,86%	624,51	5,18%
10103	EL BATÁN	CUENCA	AZUAY	Urbana	6970	8,10%	977,34	8,10%
10104	EL SAGRARIO	CUENCA	AZUAY	Urbana	2906	3,38%	406,47	3,37%
10105	EL VECINO	CUENCA	AZUAY	Urbana	9932	11,54%	1324,08	10,98%
10106	GIL RAMIREZ DAVÁLOS	CUENCA	AZUAY	Urbana	2426	2,82%	320,20	2,65%
10107	HUAYNACÁPAC	CUENCA	AZUAY	Urbana	4700	5,46%	780,01	6,47%
10108	MACHÁNGARA	CUENCA	AZUAY	Urbana	3773	4,38%	565,84	4,69%
10109	MONAY	CUENCA	AZUAY	Urbana	4856	5,64%	656,85	5,45%
10110	SAN BLAS	CUENCA	AZUAY	Urbana	2915	3,39%	404,13	3,35%
10111	SAN SEBASTIÁN	CUENCA	AZUAY	Urbana	7902	9,18%	1082,19	8,97%
10112	SUCRE	CUENCA	AZUAY	Urbana	4598	5,34%	751,90	6,23%
10113	TOTORACOCHA	CUENCA	AZUAY	Urbana	8592	9,98%	1192,91	9,89%
10114	YANUNCAY	CUENCA	AZUAY	Urbana	13270	15,42%	1777,13	14,73%
10115	HERMANO MIGUEL	CUENCA	AZUAY	Urbana	2444	2,84%	312,13	2,59%
<b>TOTAL</b>					<b>86069</b>	<b>100,00%</b>	<b>12060,91</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 3 3 Clientes y consumos de las parroquias urbanas residenciales servidas por la CENTROSUR - Base de datos de la CETROSUR, 2012

Con esto queda definido el área de estudio, el cual comprende todos los clientes residenciales de las parroquias urbanas del cantón Cuenca.



### 3.2 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA ESTADÍSTICA PARA LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación, se realizará un análisis del consumo de energía para calentamiento de agua, para corroborar en primera instancia si este se da en las horas de máximo consumo, tanto en la mañana como en la noche, esto se lo pretende realizar mediante encuestas telefónicas en el área de estudio ya determinada.

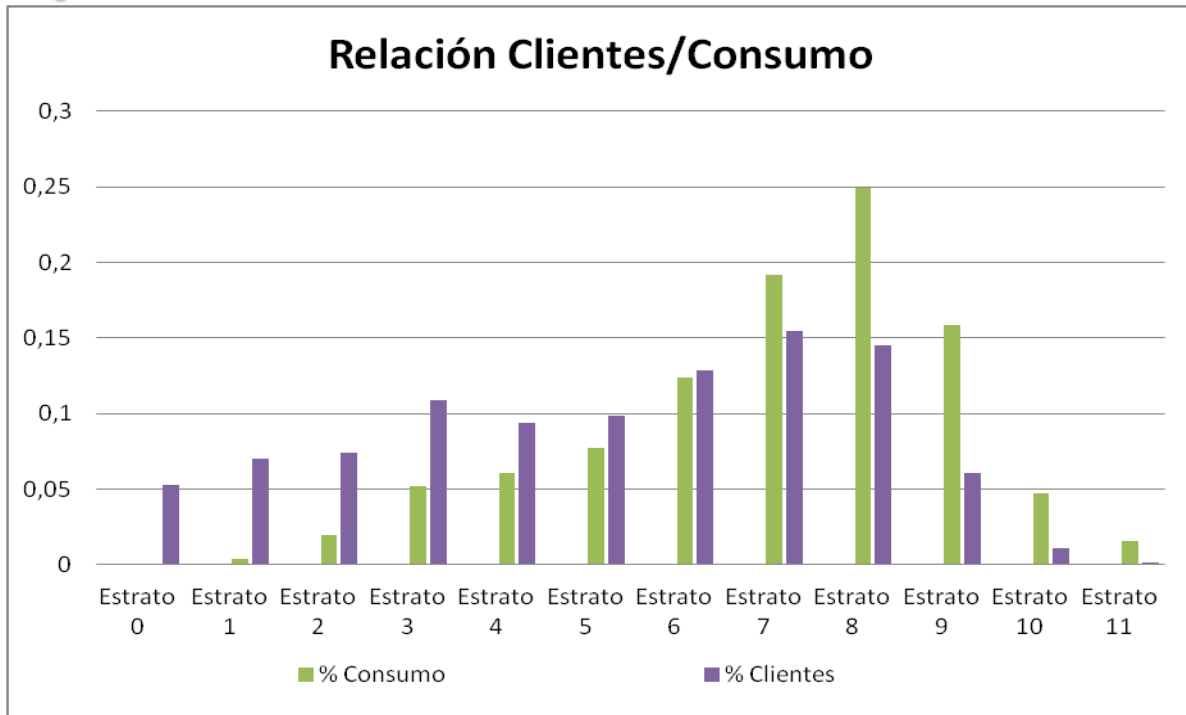
Con la encuesta, se obtendrá información del numero promedio de personas que integran un grupo familiar, los sistema más utilizados actualmente para calentamiento de agua, así como su consumo de energía (ya sea eléctrico o GLP) y antigüedad del equipo, frecuencia de baño semanal, tiempo y hora habitual de baño y por ultimo un análisis de aceptación de los sistemas que se propone en este estudio.

#### 3.2.1 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA

La siguiente tabla se elaboró con información obtenida de la base de datos de la CENTROSUR, correspondiente a septiembre de 2012, en la cual se procedió a estratificar la información con niveles de consumo mensual, tal como se observa en la Tabla 3.4:

Estratos	Rango de Consumo	Consumo KWh/mes	% Consumo	Acumulado	Número de Clientes	% Clientes	Acumulado
Estrato 0	0	0	0,0%	0,00%	4566	5,3%	5,30%
Estrato 1	1 - 20	50040	0,4%	0,41%	6016	7,0%	12,3%
Estrato 2	21 - 50	231599	1,9%	2,34%	6401	7,4%	19,7%
Estrato 3	51 - 80	625236	5,2%	7,52%	9397	10,9%	30,6%
Estrato 4	81 - 100	734529	6,1%	13,61%	8093	9,4%	40,0%
Estrato 5	101 - 120	935659	7,8%	21,37%	8477	9,8%	49,9%
Estrato 6	121 - 150	1490483	12,4%	33,73%	11059	12,8%	62,7%
Estrato 7	151 - 200	2313910	19,2%	52,91%	13330	15,5%	78,2%
Estrato 8	201 - 300	3010163	25,0%	77,87%	12493	14,5%	92,7%
Estrato 9	301 - 500	1913864	15,9%	93,74%	5225	6,1%	98,8%
Estrato 10	501 - 1000	568452	4,7%	98,45%	907	1,1%	99,9%
Estrato 11	> 1000	186806	1,5%	100,00%	105	0,1%	100,0%
CANTÓN CUENCA		12060741	100,0%		86069	100,0%	

Tabla 3 4 Número de Clientes y Consumos por estrato del sector residencial del cantón Cuenca – Base de datos de la CENTROSUR, 2012.



Gráfica 3 5 Relación entre Consumo y Clientes residenciales - Elaboración propia en base a la información de la CENTROSUR

En la Tabla 3.4 se puede observar, que el 63% de clientes, están en los estratos del 0 – 6, que corresponde al 34% del consumo de energía, mientras que los clientes de los estratos 7 – 11 representan el 37%, con un consumo del 66% de energía.

Se presenta la relación aproximada de que el 30% de los clientes de los estratos más altos de la población consumen alrededor del 70% de la energía suministrada al sector residencial.

Por lo tanto, se puede adaptar y aplicar la ley de Pareto<sup>23</sup>, si se enfocan acciones de ahorro en un 30% de la población se puede optimizar 70% de energía del sector residencial de la CENTROSUR.

<sup>23</sup> La ley de Pareto se basa en la observación de poblaciones, según el cual el 20% de un grupo ostenta el 80% de los recursos y viceversa. Estas cifras se ajustan a diversas situaciones tales como la repartición de poder, recursos, trabajo, etc.



### 3.2.2 MUESTREO DE POBLACIONES

Existen varias técnicas para seleccionar una muestra. Hay que tener sumo cuidado en esto ya que las conclusiones que se obtiene dependen de las muestras analizadas. Las técnicas que proporcionan las mejores muestras son aleatorias, en las que cualquier integrante de la población tiene la misma probabilidad de ser elegido.

Los muestreos se dividen en dos grandes grupos:

- Muestreo no probabilístico: es un procedimiento de selección en el que se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra.
- Muestreo Probabilístico: se conoce la probabilidad que tiene cada elemento de integrar la muestra.

Una vez conceptualizado los tipos de muestreos nos centraremos en el tipo de muestreo probabilístico.

Dentro del muestreo probabilístico tenemos algunas subdivisiones como son:

- Muestreo Aleatorio Simple: es el que le permite al investigador conformar una muestra de forma que cada elemento de la población o universo tenga la misma probabilidad de ser seleccionado, por lo tanto se debe enumerar a cada uno, de 1 a N. Se recomienda cuando la población es pequeña
- Muestreo Sistemático: de la misma forma que en el muestreo aleatorio simple, se debe numerar el total de la población, de 1 a N. Luego determinar el intervalo de muestreo (IM), que consiste en dividir el número de muestras deseadas de la población para el total de la población. Se recomienda cuando la población es numerosa.

$$IM = \frac{n}{N}$$

N = Total de la Población

$n$  = Número de muestras

- Muestreo Estratificado: este tipo de muestreo divide a la población en grupos relativamente homogéneos, llamado estratos y después se toma una muestra al azar de cada estrato, dando mayor número de muestras a los estratos más grandes.
- Muestreo por Conglomerados: este método es útil cuando la población se encuentra dispersa. [2]

Para el presente caso se recomienda realizar un tipo de muestreo estratificado, ya que los clientes de la CENTROSUR se encuentran estratificados por su nivel de consumo definido en la Tabla 3.4.

### 3.2.3 Muestreo Aleatorio Estratificado

En la Tabla 3.4, se tiene estratificados a los clientes, y además se los ha dividido en dos subgrupos: “Estratos por Clientes” y “Estratos por Consumo”.

- **Número de Muestras**

Para determinar el tamaño de la muestra “ $n$ ”, es necesario conocer ciertos parámetros tales como, Tamaño de la Población, Nivel de Confianza deseado, Desviación Estándar de la Población, Limite Aceptable de Error Muestral.

La ecuación para obtener el número de mediciones es:

$$n = \frac{N \times \sigma^2 \times Z^2}{(e^2 \times (N - 1)) + (\sigma^2 \times Z^2)}$$

Dónde:

$n$ : Tamaño de la muestra

$N$ : Tamaño de la población

$\sigma$ : Desviación estándar de la población

$Z$ : Valor obtenido mediante niveles de confianza del 95%



e: Límite aceptable de error muestral

De la Tabla 3.3 se tiene que el número total de clientes residenciales del Cantón Cuenca es de 86069 clientes.

La desviación estándar, cuando no se tiene valor, suele utilizarse un valor constante de 0.5.

El nivel de confianza es la probabilidad de que la muestra representa el comportamiento del universo, aunque se puede tomar cualquier valor entre 0 y 1, los valores más comunes se dan entre 95% (0.95) y 99% (0.99), correspondientes a valores de “Z” de 1.96 y 2.58 respectivamente, para este caso se ha tomado un nivel de confianza de 0.95 relacionado a un “Z” de 1.96.

El límite aceptable del error muestral, cuando no se tiene valor, varía entre 1% (0.01) y 9% (0.09), valor que queda a criterio del encuestador, para este caso se ha tomado un valor medio de 0.05.

Se procede a realizar el cálculo del tamaño de la muestra:

Datos:

<b>N</b>	86069
<b><math>\sigma</math></b>	0,5
<b>Z</b>	1,96
<b>e</b>	0,05

Formula:

$$n = \frac{86069 \times 0,5^2 \times 1,96^2}{(0,05^2 \times (86069 - 1)) + (0,5^2 \times 1,96^2)}$$

$$n = 382 \text{ muestras}$$

Como se ve, en la presente investigación se realizaron 382 encuestas, en la cual se consideró porcentualmente a cada estrato según su consumo.

- **Calculo de Muestras por Estrato**

La distribución de las muestras se realizó en función de la participación de consumo de energía de cada estrato, multiplicando el número de mediciones por los porcentajes de consumo en cada estrato.

$$n_{estrato(i)} = \frac{n \times (\% E_{(i)})}{100}$$

Dónde:

(i) , corresponde al número de estratos, en este caso valores comprendidos entre 0 y 11 ya que tenemos 11 estratos.

$n$  , es el tamaño de la muestra.

$n_{estrato(i)}$  , es el número de muestras por estrato.

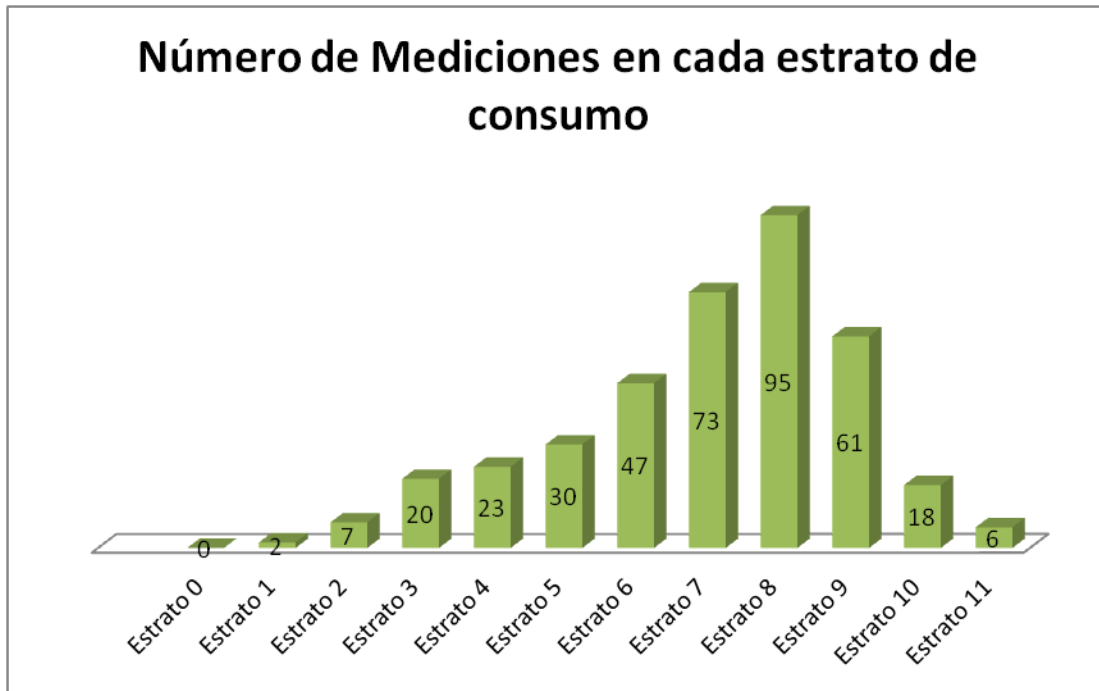
$\% E_{(i)}$  , es el porcentaje ya sea de clientes o de consumo de energía del estrato.

En la Tabla 3.5, se presenta el número de muestras que le corresponde a cada estrato ya sea por consumo de energía o por número de clientes, para la realización de las encuestas se utilizará las muestras por consumo.

Estratos	Porcentaje de Consumo	Porcentaje de Clientes	Muestras por Consumo	Muestras por Cliente
Estrato 0	0,0%	5,3%	0	20
Estrato 1	0,4%	7,0%	2	27
Estrato 2	1,9%	7,4%	7	28
Estrato 3	5,2%	10,9%	20	42
Estrato 4	6,1%	9,4%	23	36
Estrato 5	7,8%	9,8%	30	38
Estrato 6	12,4%	12,8%	47	49
Estrato 7	19,2%	15,5%	73	59
Estrato 8	25,0%	14,5%	95	55
Estrato 9	15,9%	6,1%	61	23
Estrato 10	4,7%	1,1%	18	4
Estrato 11	1,5%	0,1%	6	0
<b>TOTAL</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>382</b>	<b>382</b>

Tabla 3 5 Numero de Muestras por Estrato – Elaboración Propia.

En el siguiente gráfico se indica cómo se distribuyen las mediciones respecto a los consumos de cada estrato.



Gráfica 3 6 Número de mediciones en cada estrato de consumo – Elaboración Propia

### 3.3 ENCUESTAS

Para alcanzar el número establecido de encuestas se realizaron 526 llamadas telefónicas de las cuales 382 fueron válidas con un tiempo promedio de llamada de 1 minuto con 45 segundos y 144 llamadas fueron rechazadas o no atendidas.

Todas las encuestas se realizaron en la parroquia Cañaribamba, debido a que se trata de una parroquia urbana de tamaño medio y que en su gran mayoría los clientes son residenciales con un 82,68%, lo cual representa el comportamiento general de los clientes residenciales de la CENTROSUR. Como se mencionó esta encuesta se realizó mediante llamadas telefónicas y la base de datos obtenida fue ingresada en el programa estadístico IBM-SPSS STATISTICS<sup>24</sup> de propiedad de la

<sup>24</sup> IBM-SPSS STATISTICS. Es un programa estadístico que ayuda a la tabulación de datos obtenidos, en este caso, mediante encuestas.



CENTROSUR, mediante el cual se realizó el análisis de cada una de las preguntas de la encuesta.

Las encuestas fueron realizadas en el periodo de noviembre de 2012 - febrero de 2013, con lo cual se estimó la cantidad de energía eléctrica y gas licuado de petróleo (GLP) utilizadas para calentamiento de agua sanitaria por parte de los clientes residenciales de la CENTROSUR (Modelo de Encuesta realizada en el periodo noviembre 2012 - febrero 2013 ver ANEXO 5).

### Información levantada en las Encuestas.

Con las encuestas realizadas se obtuvo la siguiente información:

- Número promedio de personas que conforman el núcleo familiar.
- Tipo de Sistema que se utiliza para calentamiento de agua.
- Consumo Eléctrico y Gas por motivo de calentamiento de agua.
- Antigüedad del equipo.
- Frecuencia de Baño Semanal.
- Tiempo Promedio de Baño.
- Hora típica de baño.
- Aceptación del sistema termo-solar.

### 3.3.1 RESULTADOS GENERALES

- **Pregunta 1. Número promedio de personas que conforman el núcleo familiar.**

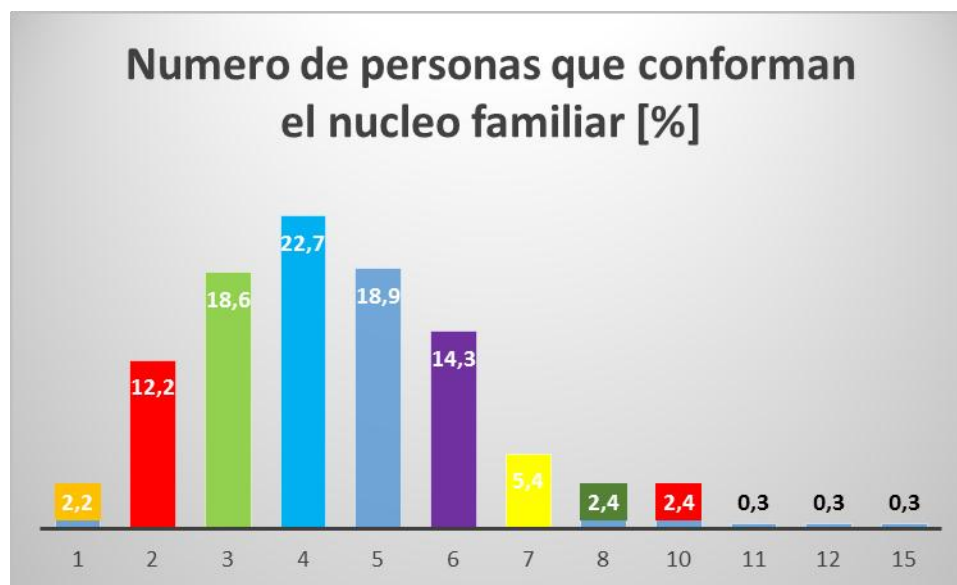
Número de personas que conforman el núcleo familiar

N	Válidos	382
	Perdidos	0
	Media	4.46



<b>NUMERO DE PERSONAS QUE CONFORMAN EL GRUPO FAMILIAR</b>			
<b>Número de personas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
1	8	2,2	2,2
2	47	12,2	14,3
3	71	18,6	33
4	87	22,7	55,7
5	72	18,9	74,6
6	55	14,3	88,9
7	21	5,4	94,3
8	9	2,4	96,8
10	9	2,4	99,2
11	1	0,3	99,5
12	1	0,3	99,7
15	1	0,3	100
<b>Total</b>	<b>382</b>	<b>100</b>	

Tabla 3 6 Número de personas que conforman el núcleo familiar. - Elaboración Propia



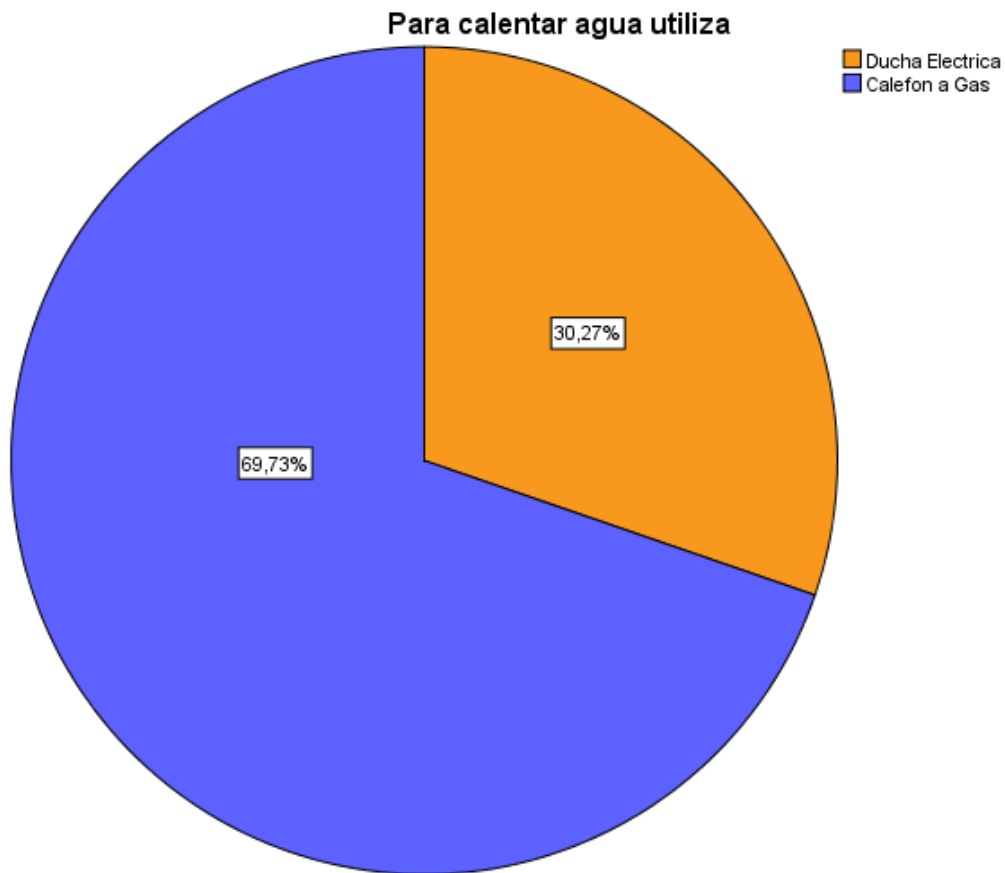
Gráfica 3 7 Número de personas que conforman el grupo familiar en porcentaje - Elaboración Propia.

Como se puede observar en los resultados, el número promedio de integrantes de un núcleo familiar es de 4.46 personas, para fines prácticos 4 personas.

- **Pregunta 2. Tipo de Sistema que se utiliza para calentamiento de agua.**

TIPO DE SISTEMA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA				
Sistema	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Ducha Eléctrica	116	30,3	30,3	30,3
Calefón a Gas	266	69,7	69,7	100
<b>Total</b>	<b>382</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

Gráfica 3 8 Tipo de sistema para calentamiento de agua - Elaboración Propia



Gráfica 3 9 Porcentaje de los sistemas de calentamiento de agua más utilizados en el cantón Cuenca - Elaboración Propia

El tipo de sistema más utilizado por los clientes, es el de Calefón a Gas con un 70% seguido de un 30% que utilizan ducha eléctrica.

- **Pregunta 3. Consumo Eléctrico por motivo de calentamiento de agua**

Debido a que la gran mayoría de los clientes que utilizan ducha eléctrica desconocen su potencia se ha propuesto tomar un valor promedio de 3000 W, mismo que corrobora las respuestas válidas de la encuesta y la potencia promedio encontrada en el mercado.

- **Pregunta 4. Consumo de GLP por motivo de calentamiento de agua.**

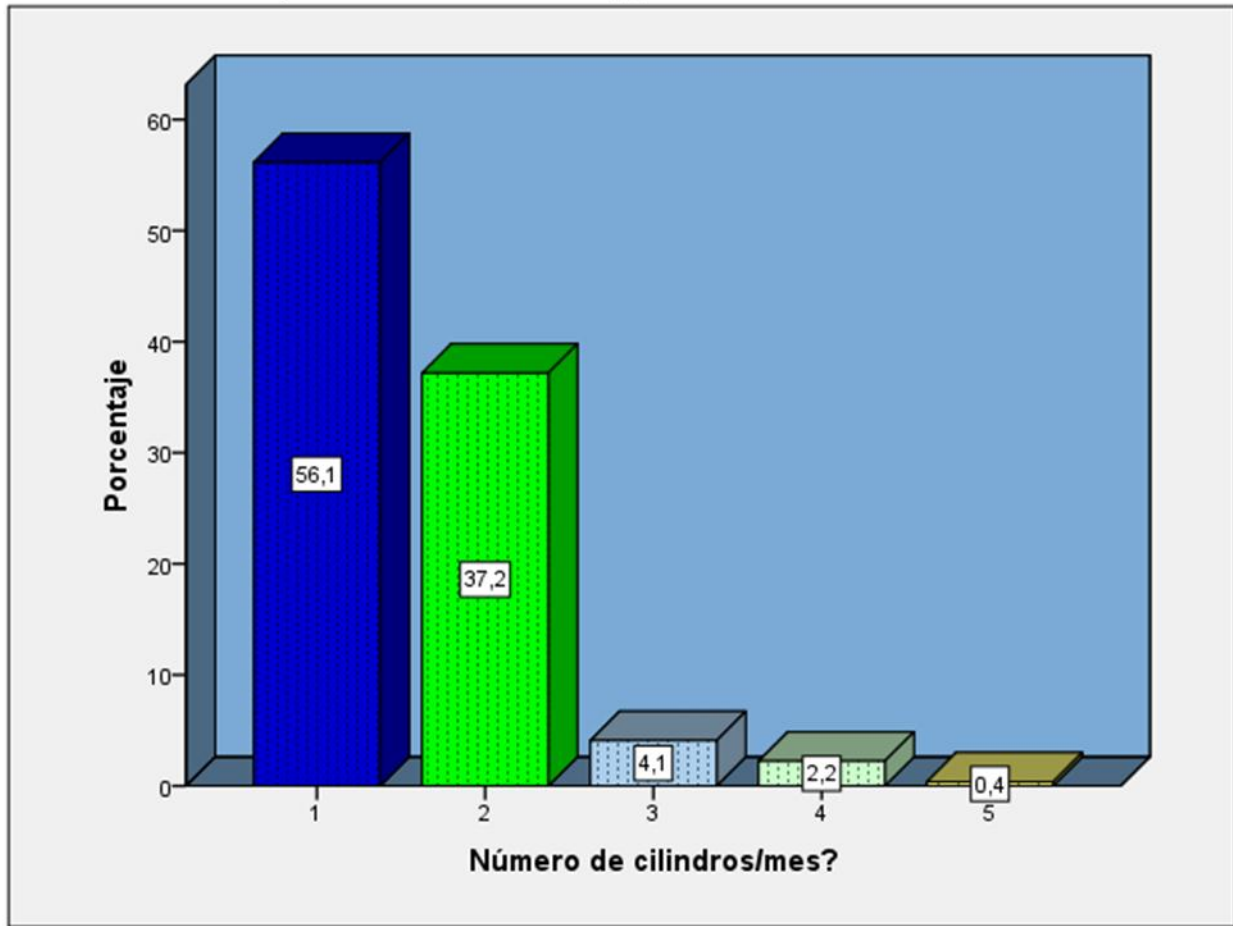
MEDIA		
N	Válidos	266
	Perdidos	116
Media		1.53

Tabla 3 7 Promedio del consumo de cilindros/mes - Elaboración Propia

NUMERO DE CILINDROS POR MES					
Número de Cilindros		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1	150	40	57,4	57,4
	2	94	24,9	35,7	93
	3	13	3	4,3	97,3
	4	8	1,6	2,3	99,6
	5	1	0,3	0,4	100
	Total	258	69,7	100	
Perdidos	Sistema	116	30,3		
Total		382	100		

Tabla 3 8 Numero de cilindros/mes - Elaboración Propia

### Si respondo Calefón a Gas, ¿ Número de cilindros/mes?



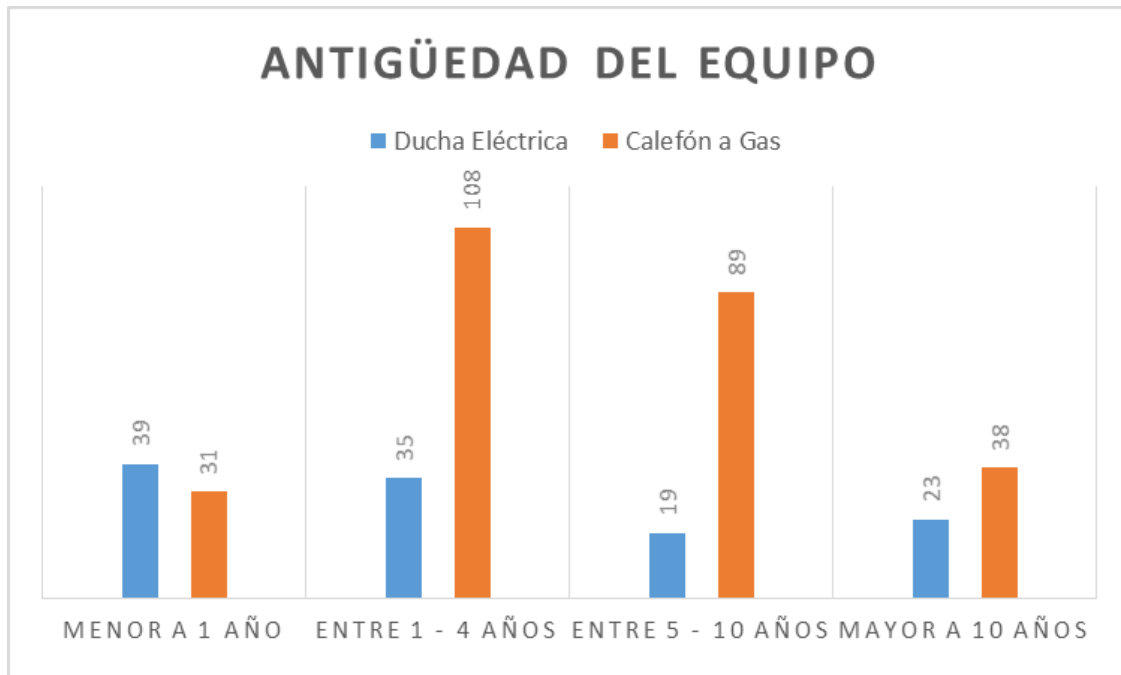
Gráfica 3 10 Consumo de cilindros de GLP/mes - Elaboración Propia

El consumo promedio de GLP al mes de una familia es de 1.53 cilindros.

- **Pregunta 5. Cuál es la antigüedad de su equipo de calentamiento de agua.**

<b>ANTIGÜEDAD DEL EQUIPO</b>				
<b>Antigüedad del equipo</b>		<b>Para calentar agua utiliza</b>		<b>Total</b>
		<b>Ducha Eléctrica</b>	<b>Calefón a Gas</b>	
menor a 1 año	Recuento	39	31	70
	% del total	10,30%	8,10%	18,40%
entre 1 - 4 años	Recuento	35	108	143
	% del total	9,20%	28,40%	37,60%
entre 5 - 10 años	Recuento	19	89	108
	% del total	4,90%	23,20%	28,10%
Mayor a 10 años	Recuento	23	38	61
	% del total	5,90%	10,00%	15,90%
<b>Total</b>	<b>Recuento</b>	<b>116</b>	<b>266</b>	<b>382</b>
	<b>% del total</b>	<b>30,30%</b>	<b>69,70%</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 3 9 Antigüedad del equipo - Elaboración Propia



Gráfica 3 11 Antigüedad del equipo - Elaboración Propia

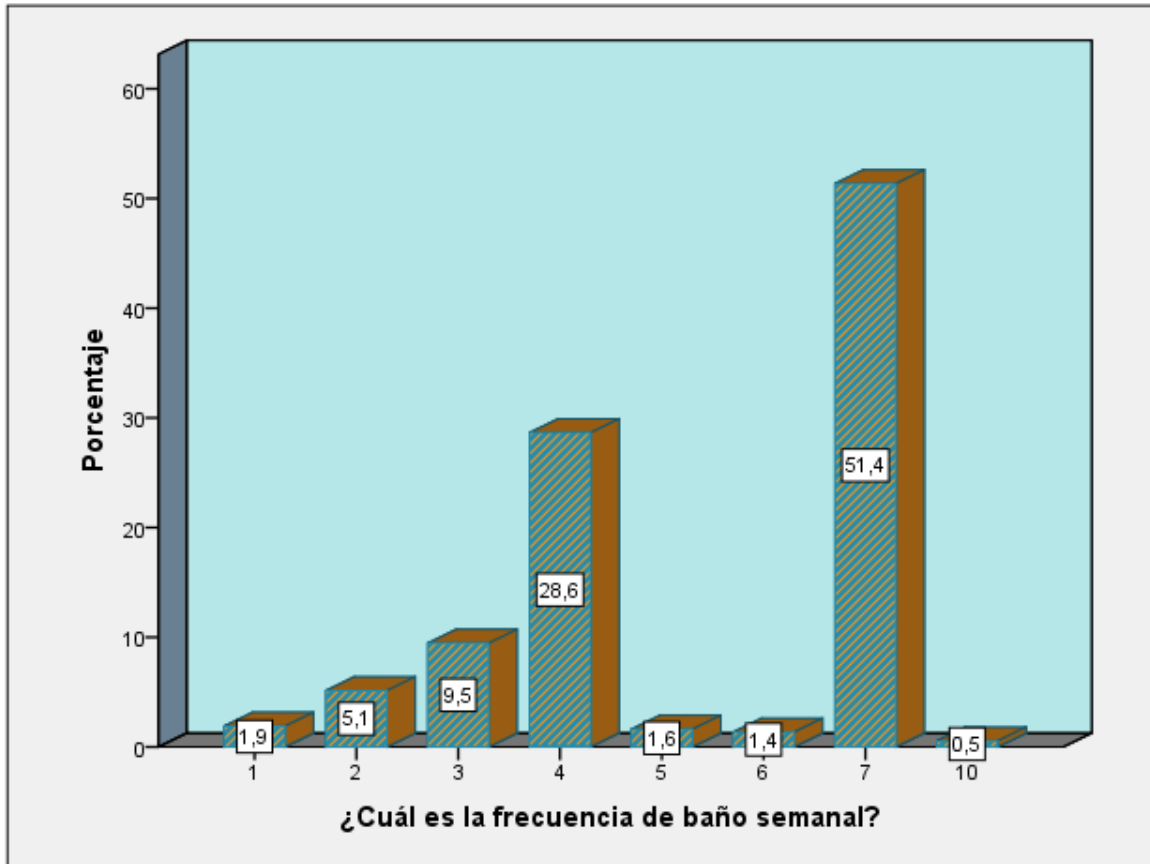
Como se observa la antigüedad de un calefón a gas esta entre 1 y 4 años, a diferencia de una ducha eléctrica que tiene una vida útil menor a 1 año. Además se debe tener en cuenta, que una cantidad considerable de clientes indica que la antigüedad de un calefón a gas, esta entre 5 y 10 años, con lo cual la antigüedad del calefón a gas se extendería hasta 10 años.

- **Pregunta 6. Cuál es la frecuencia de baño semanal en su hogar en promedio.**

FRECUENCIA DE BANO SEMANAL			
Dias	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	7	1,9	1,9
2	19	5,1	7
3	36	9,5	16,5
4	110	28,6	45,1
5	6	1,6	46,8
6	5	1,4	48,1
7	197	51,4	99,5
10	2	0,5	100
<b>Total</b>	<b>382</b>	<b>100</b>	

Tabla 3 10 Frecuencia de baño semanal en un hogar promedio - Elaboración Propia

### ¿Cuál es la frecuencia de baño semanal?



Gráfica 3 12 Frecuencia de baño semanal - Elaboración Propia

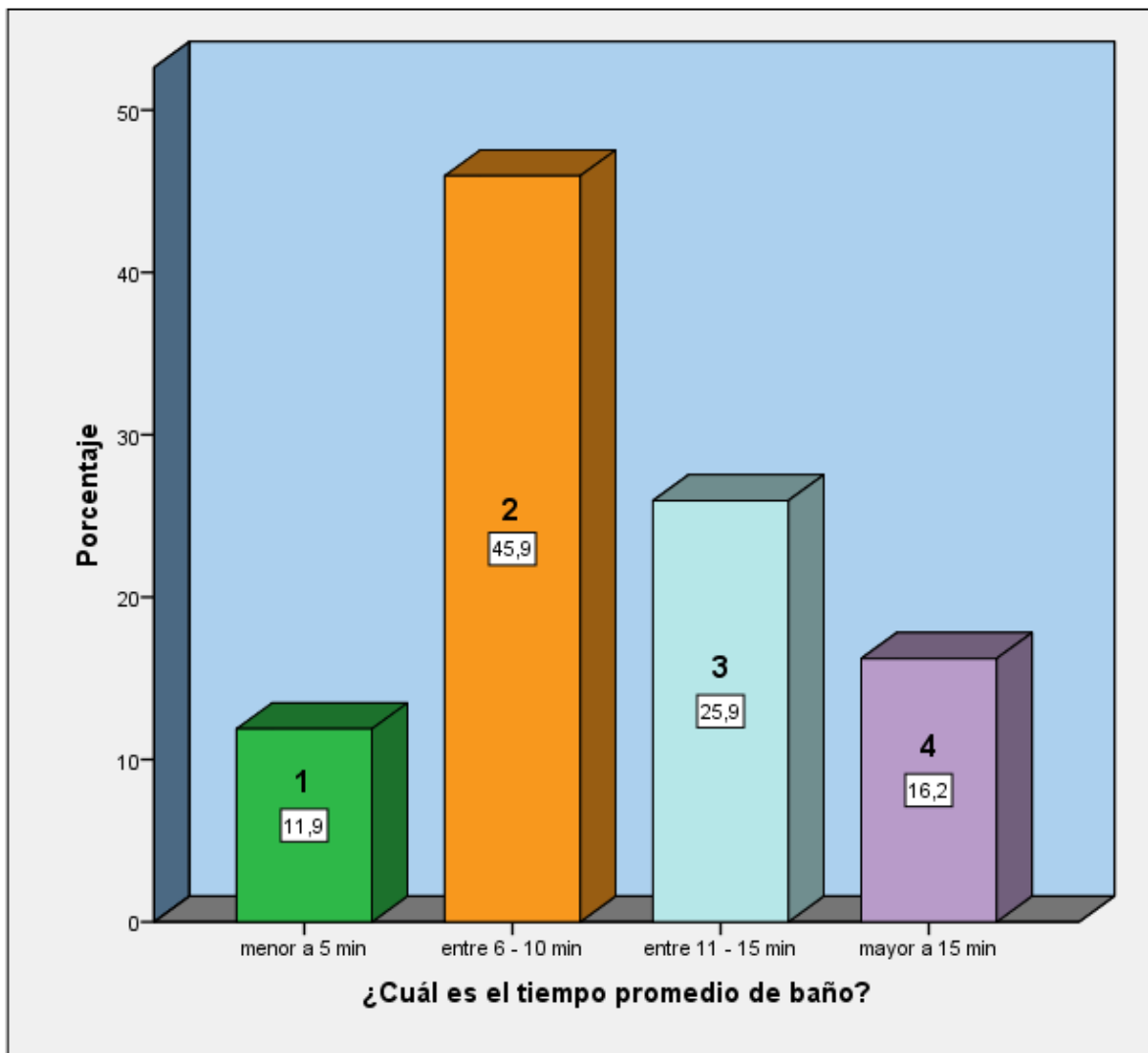
La frecuencia de baño de una familia típica en el cantón Cuenca como se ve en gráfica es predominantemente diario, sin desmerecer que un cantidad considerable de familias toman un baño pasando 1 día, para tener un valor que considere al todo el conjunto de muestras, se debería tomar un valor medio de frecuencia de baño, el cual es de 5.36 baños a la semana, tomando el valor absoluto de este se obtiene 5 baños a la semana.

Para fines prácticos se tomó un valor de 7 baños a la semana, ya que se va a diseñar el sistema termo solar para las peores condiciones, una de estas sería que las personas que conforman el núcleo familiar toman una baño diario.

- **Pregunta 7. Cuál es el tiempo promedio de baño.**

<b>TIEMPO PROMEDIO DE BANO</b>			
<b>Tiempo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
menor a 5 min	45	11,9	11,9
entre 6 - 10	176	45,9	57,8
entre 11 - 15	99	25,9	83,8
mayor a 15 min	62	16,2	100
<b>Total</b>	<b>382</b>	<b>100</b>	

Tabla 3 11 tiempo promedio de baño - Elaboración Propia



Gráfica 3 13 Tiempo promedio de baño - Elaboración Propia

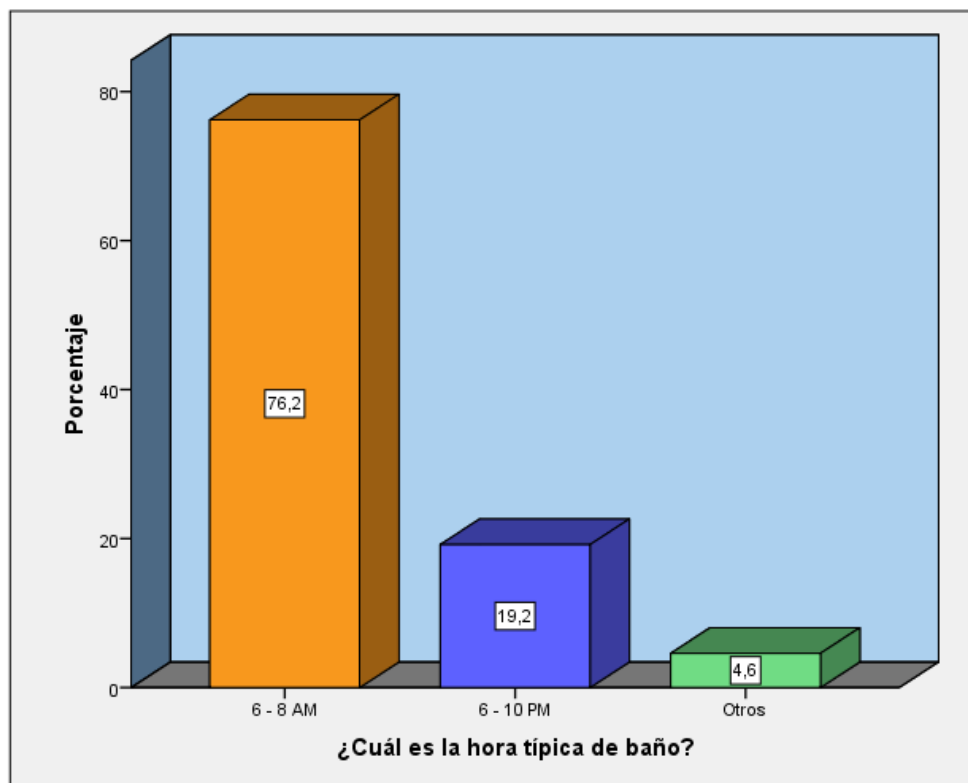


En este caso se tomó rangos de tiempo, ya que si no se hubiera hecho de esta manera se tendría diferentes valores, que al final no serían representativos. Como se ve el rango de mayor relevancia es el de la barra 2 con un 45.9% que se encuentra entre 6 y 10 minutos, pero aun así se tiene un rango número 3 igualmente representativo que está entre 11 y 15 minutos, para fines prácticos se ha tomado un valor medio de 10 minutos.

- **Pregunta 8. Cuál es la hora típica de baño.**

HORA TIPICA DE BANO			
Hora	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
6 - 8 AM	291	76,2	76,2
6 - 10 PM	73	19,2	95,4
Otros	18	4,6	100
<b>Total</b>	<b>382</b>	<b>100</b>	

Tabla 3 12 Hora típica de baño - Elaboración Propia



Gráfica 3 14 Hora típica de baño - Elaboración Propia

La hora de mayor utilización de la ducha con un 76.2% podemos decir que se da entre las 6 y 8 de la mañana,

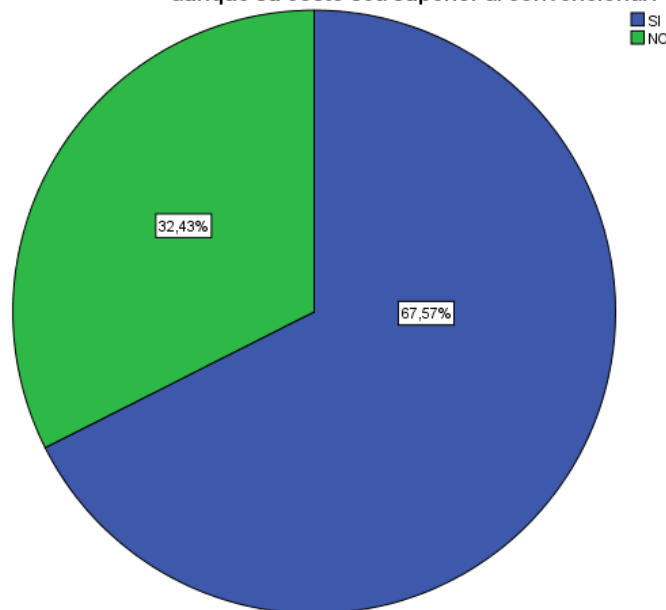
- **Pregunta 9. ¿Compraría un sistema de calentamiento de agua que consuma menos energía, aunque su costo sea superior al convencional?**

Al momento de realizar esta pregunta a los encuestados, se les indicó un costo aproximado del sistema termo solar que oscilaba entre \$600 a \$800, así como algunas ventajas que conlleva este sistema como es el calentamiento de agua por radiación solar, sin la necesidad de consumir energía eléctrica o GLP.

ACEPTACIÓN DEL SISTEMA			
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
SI	258	67,6	67,6
NO	124	32,4	100
Total	382	100	

Gráfica 3 15 Aceptación del sistema - Elaboración Propia

¿Compraría un sistema de calentamiento de agua que consuma menos energía, aunque su costo sea superior al convencional?



Gráfica 3 16 Aceptación del sistema - Elaboración Propia

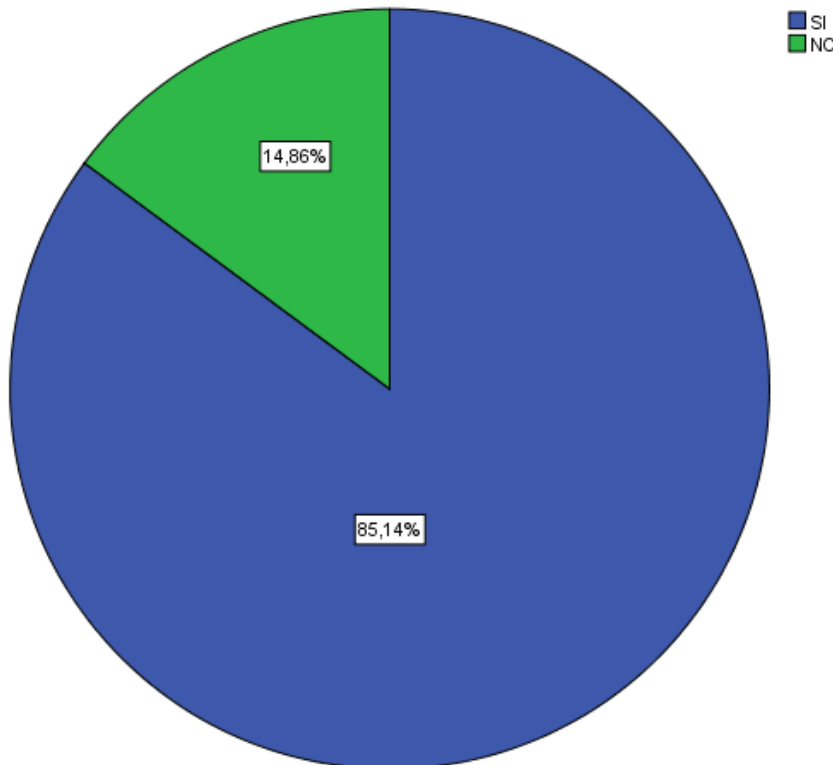
Como se observa en los resultados de esta pregunta, existe una gran aceptación de un sistema que consuma menos energía como son los termo-solares con un 67,57%, aunque su costo sea superior a los sistemas convencionales como duchas eléctricas y calefones a gas.

- **Pregunta 10. Si usa electricidad, gas u otros: ¿Cambiaría a calentador solar si la Empresa Eléctrica le subsidiara el sistema?**

ACEPTACIÓN DEL SISTEMA CON SUBSIDIO			
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
SI	325	85,1	85,1
NO	57	14,9	100
<b>Total</b>	<b>382</b>	<b>100</b>	

Gráfica 3 17 Aceptación del sistema con subsidio - Elaboración Propia

Si usa electricidad, gas u otros: ¿Cambiaría a calentador solar si la Empresa Eléctrica le subsidiara el sistema?



Gráfica 3 18 Aceptación del sistema con subsidio - Elaboración Propia



Claramente hay una mayor aceptación con un 85,14%, cuando a los encuestados se les planteo un subsidio, por parte del gobierno o la CENTROSUR.

### 3.4 CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA.

#### 3.4.1 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Una vez realizadas las encuestas se ha obtenido los siguientes datos: potencia promedio de la ducha eléctrica **3000W**, número de integrantes de la familia **4 personas**, tiempo estimado de baño **10 min**, con estos datos se tiene que la energía eléctrica (E.E) consumida por familia para calentamiento de agua es de **2kWh/día**. Si esta información se la proyecta al total de clientes residenciales de la E.E.R.C.S que utilizan ducha eléctrica para calentamiento de agua, que como se ve en la pregunta 1 es de 30,27% del total de clientes residenciales, tenemos un valor de 26053 clientes. En la Tabla 3.13 se encuentra el consumo de E.E, por familia en (kWh/día), del total de clientes residenciales de la CENTROSUR que utilizan ducha eléctrica en (MWh/día) y también en (MWh/año).

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA				
VARIABLES	POTENCIA (W)	# de integrantes por familia	Tiempo de baño (min)	# total de clientes residenciales que utilizan ducha eléctrica
Datos obtenidos de la Encuesta	3000	4	10	26053
<b>SOLO PARA CALENTAMIENTO DE AGUA</b>				
Consumo de E.E por Familia (kWh/día)	2			
Consumo de E.E total de la CENTROSUR (MWh/día)	52,11			
Consumo de E.E total de la CENTROSUR (MWh/año)	19018,69			

Tabla 3 13 Consumo de energía eléctrica para calentamiento de agua - Elaboración Propia

Con la implementación del sistema en el 70% de clientes con consumo eléctrico para calentamiento de agua, se tendría una reducción diaria de 34,80 MWh/día, siendo 27,79 MWh/día, en las horas de máximo consumo de mañana y 7,00 MWh/día en la noche.

#### 3.4.2 CONSUMO DE G.L.P.

El consumo de G.L.P en el cantón Cuenca se obtuvo mediante la pregunta 4 de la encuesta en la cual se tiene que el consumo medio de gas para calentamiento de

agua es de 1,53 cilindros al mes, los cilindros como se indicó en capítulo 1 son de 15kg, por tanto el consumo por familia (cliente) es de 22,95kg/mes tal como se indica en la tabla 3.14.

<b>CONSUMO DE G.L.P PARA CALENTAMIENTO DE AGUA</b>		
<b>DATOS</b>	Cientes Totales de la E.E.R.C.S	86069
	% de clientes de la CENTROSUR que utilizan calefón a GAS	69,73
	Cientes de la CENTROSUR que utilizan calefón a GAS	60016
<b>VARIABLES</b>	<b>masa (kg)</b>	<b># total de clientes residenciales que utilizan calefón a GAS.</b>
Datos obtenidos de la Encuesta	15	60016
Consumo de G.L.P por cliente (cilindros/mes)	1,53	
Consumo de G.L.P por cliente (Kg/mes)	22,95	
Consumo de G.L.P todos los clientes (cilindros/año)	1101894	
Consumo de G.L.P todos los clientes (kg/año)	16528406	

Tabla 3 14 Consumo de G.L.P. para calentamiento de agua - Elaboración Propia

### 3.5 CALCULO DE EMISIONES DE TONELADAS DE CO<sub>2</sub>

De los datos obtenidos de la encuesta realizada a los clientes de la CENTROSUR para el desarrollo de esta TESIS, en la actualidad los sistemas convencionales para el calentamiento de agua más utilizados en la ciudad de Cuenca son: ducha eléctrica con un 30,27% y calefón a gas (GLP) con un 69,73%, los cuales utilizan para su funcionamiento combustibles que producen emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera.

Para el cálculo de emisiones de toneladas de CO<sub>2</sub> se ha tomado en consideración factores de conversión tanto para electricidad como para G.L.P, siendo 0,18 kg CO<sub>2</sub> / kWh y 2,96 kg CO<sub>2</sub> / kg GLP respectivamente<sup>25</sup>. El cálculo se lo realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{Factor de conversión} \times \text{Energía consumida}$$

<sup>25</sup> Factores de Conversión para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> tomado de la Guía Práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) versión de marzo del 2011, Oficina Catalana del Canvi Climàtic.

Aplicando esta fórmula tenemos los siguientes resultados:

### Calculo de Emisiones de CO2

Numero de personas por vivienda	4
Consumo mensual de Eléctricidad [kWh]	2
Consumo mensual de GLP [kg]	22,95
Factor de conversión eléctrico [kg CO2/kWh]	0,18
Factor de conversión GLP [kg CO2/kg GLP]	2,96

<b>TOTAL POR FAMILIA ELECTRICIDAD</b>	<b>0,36</b>	<b>kg CO2/mes</b>
<b>TOTAL POR FAMILIA GLP</b>	<b>67,93</b>	<b>kg CO2/mes</b>

Tabla 3 15 Calculo de Emisiones de CO2 por familia - Elaboración Propia.

Al multiplicar estos valores por el número de familias correspondientes a cada grupo, se obtiene:

### EMISIONES DE TONELADAS DE CO2 POR MES

TOTAL EMISIONES ELECTRICO	9,38	t CO2/mes
TOTAL EMISIONES GLP	4077,00	t CO2/mes
<b>TOTAL ELECTRICIDAD+GLP</b>	<b>4086,38</b>	<b>t CO2/mes</b>

Tabla 3 16 Calculo de Emisiones de CO2 por mes, por calentamiento de agua, de los clientes residenciales urbanos de la CENTROSUR del Cantón Cuenca - Elaboración Propia.

### EMISIONES DE TONELADAS DE CO2 POR AÑO

TOTAL EMISIONES ELECTRICO	3376,48	t CO2/año
TOTAL EMISIONES GLP	48924,01	t CO2/año
<b>TOTAL ELECTRICIDAD+GLP</b>	<b>52300,49</b>	<b>t CO2/año</b>

Tabla 3 17 Calculo de Emisiones de CO2 por año, por calentamiento de agua, de los clientes residenciales urbanos de la CENTROSUR del Cantón Cuenca - Elaboración Propia.

Con el uso de sistemas termo-solares (calentamiento de agua sanitaria residencial) implementado en el 70% de los clientes residenciales urbanos del cantón Cuenca se lograría una reducción de 36610,34 t CO<sub>2</sub>/año, tal como se indica en la Tabla 3.19.



### REDUCCION DE EMISIONES DE TONELADAS DE CO2 POR MES

TOTAL REDUCCION ELECTRICO	196,96	t CO2/mes
TOTAL REDUCCION GLP	2853,90	t CO2/mes
<b>TOTAL ELECTRICIDAD+GLP</b>	<b>3050,86</b>	<b>t CO2/mes</b>

Tabla 3 18 Calculo de la reducción de emisiones de CO2 por mes, por calentamiento de agua, de los clientes residenciales urbanos de la CENTROSUR del Cantón Cuenca - Elaboración Propia.

### REDUCCION DE EMISIONES DE TONELADAS DE CO2 POR AÑO

TOTAL REDUCCION ELECTRICO	2363,5	t CO2/año
TOTAL REDUCCION GLP	34246,81	t CO2/año
<b>TOTAL ELECTRICIDAD+GLP</b>	<b>36610,34</b>	<b>t CO2/año</b>

Tabla 3 19 Calculo de la reducción de emisiones de CO2 por año, por calentamiento de agua, de los clientes residenciales urbanos de la CENTROSUR del Cantón Cuenca - Elaboración Propia.



# CAPITULO 4



## CAPITULO 4. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

De acuerdo a los datos obtenidos en capítulos anteriores, se realizó el análisis costo/beneficio para observar si el servicio propuesto en el presente proyecto brinda mayor beneficio que los otros sistemas utilizados en el cantón Cuenca.

Por medio de este análisis se cuenta con datos y valores que permiten analizar la rentabilidad que provee la alternativa propuesta de acuerdo al porcentaje de aceptación de la población, el cual permite recomendar la conveniencia de implementar ese tipo de sistemas en la ciudad.

### 4.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

De acuerdo a la investigación realizada, se cuenta con datos reales de los costos en cada uno de los sistemas de calentamiento de agua, lo cual se detalla a continuación.

#### 4.1.1 COSTO DEL GAS

El costo del consumo del gas (G.L.P.), para una familia típica de cuatro personas del cantón Cuenca, que toman una ducha diaria durante 10 minutos (por persona) se lo puede observar en la tabla que se cita a continuación, teniendo en cuenta los datos establecidos anteriormente (Capítulo 1) del costo de gas de 15 Kg. con subsidio (\$1,60) y sin subsidio (\$11,77)<sup>26</sup>.

COSTO DEL GAS								
Consumo de Gas			Costo con Subsidio			Costo sin Subsidio		
Periodo	Mes	Año	Costo	Mes	Año	Costo	Mes	Año
# de cilindros	1,53	18,36	\$ 1,60	\$ 2,45	\$ 29,38	\$ 11,77	\$ 18,01	\$ 216,10

Tabla 4 1 Costo de GLP para calentamiento de agua sanitaria residencial por familia al mes y al año con y sin subsidio -  
Elaboración Propia

<sup>26</sup> Comercializadora AUSTROGAS

#### 4.1.2 COSTO DE SISTEMA ENERGÍA ELÉCTRICA

El costo de la energía eléctrica usada para calentamiento de agua, para una familia de cuatro personas en la ciudad de Cuenca, tomando en cuenta los parámetros anteriores, como la potencia promedio de una ducha eléctrica (3000 W), del tiempo estimado de consumo por persona al tomar una ducha (10min), y sabiendo que en la CENTROSUR el costo medio de 1 kWh es de \$0,10; se indica a continuación:

<b>COSTO DE ENERGIA ELECTRICA</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Consumo por familia (kWh/día)</b>	<b>Costo (kWh)</b>	<b>Costo por familia (día)</b>	<b>Costo por familia (mes)</b>	<b>Costo por familia (año)</b>
<b>Ducha Electrica</b>	2	\$ 0,10	\$ 0,20	\$ 6,00	\$ 72,00

Tabla 4 2 Costo de energía eléctrica por familia al mes y al año para calentamiento de agua sanitaria residencial -  
Elaboración Propia

#### 4.1.3 COSTO DE PANELES SOLARES

El costo de los sistemas con paneles solares va a depender del tipo de tecnología que se emplee, sea tubos de vacío o placa plana, además del número de integrantes por familia, ya que cada sistema cubre las necesidades de 4 personas aproximadamente (200lt de capacidad) dependiendo del tiempo de uso en la ducha, para este análisis se considera 10 minutos.

En la Tabla 4.3 se detallan las características técnicas de los sistemas termo solares comercializados en el mercado nacional.

<b>CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS DE CALENTAMIENTO SOLAR</b>						
	<b>TIPO DE SISTEMA TERMO - SOLAR</b>					
	<b>Tubos al vacío</b>				<b>Placa Plana</b>	
<b>Marca</b>	<b>Ikkin</b>	<b>Chisol</b>	<b>Cormar</b>	<b>Instamatic</b>	<b>Solutio Ingeniería</b>	<b>Termo-Solar</b>
<b>Durabilidad (años)</b>	15-30	15	20-25	20	20	25
<b>Temperatura maxima (°C)</b>	60	60	80	60	60	70
<b>Garantía</b>	5	5	5	2	2	2
<b>Capacidad del Termo Tanque</b>	200	200	200	200	200	200

Tabla 4 3 Características técnicas de los sistemas termo solares.

Se presentan a continuación dos tablas que detallan los costos de implementar este tipo de sistemas, tanto de tubos de vacío como placa plana, en base a la información recopilada por las marcas comercializadas en el mercado nacional.

<b>Costo de Paneles Solares de Tubos de Vacío de 200 litros</b>					
Marca	Costo del Panel	Mano de Obra	Costo Total	Costo Anual	Vida Util (años)
<b>IKKIN</b>	\$ 690,00	\$ 100,00	\$ 790,00	\$ 39,50	20
<b>Chisol</b>	\$ 570,00	\$ 100,00	\$ 670,00	\$ 26,80	25
<b>Cormar</b>	\$ 690,00	\$ 100,00	\$ 790,00	\$ 39,50	20
<b>Instamatic</b>	\$ 750,00	Incluye	\$ 750,00	\$ 37,50	20

Tabla 4 4 Costo de paneles solares de tubos de vacío comercializados en el mercado nacional.

<b>Costo de Paneles Solares de Placa Plana de 200 litros</b>					
Marca	Costo del Panel	Mano de Obra	Costo Total	Costo Anual	Vida Util (años)
<b>Nacional</b>	\$ 750,00	\$ 100,00	\$ 850,00	\$ 42,50	20
<b>Termo-Solar</b>	\$ 850,00	\$ 100,00	\$ 950,00	\$ 47,50	20

Tabla 4 5 Costo de paneles solares de placa plana comercializados en el mercado nacional.

#### 4.1.4 COSTO DE INSTALACIÓN Y SOPORTE

Además del costo del panel solar se debe tomar en cuenta otro costo complementario del sistema termo solar como son el costo de instalación y la estructura soporte el cual va a variar dependiendo de la ubicación de instalación. En la Tabla 4.6 se presentan costos referenciales de estos rubros:

<b>Costo de Instalación</b>	USD. 100,00
<b>Costo de estructura</b>	USD. 50,00

Tabla 4 6 Costos referenciales de instalación de la estructura soporte y mano de obra. - Elaboración Propia.

#### 4.1.5 COSTO TOTAL DEL SISTEMA TERMO SOLAR

El costo de implementar el sistema de paneles termo - solares con tubos de vacío o placa plana, para una familia típica (4 personas) en la Ciudad de Cuenca es aproximadamente de \$ 940,00, el cual comprende los siguientes rubros:



<b>Costo del Sistema Termo - Solar</b>	
Costo del Equipo	\$ 790,00
Costo de la estructura	\$ 50,00
Costo de instalaciones	\$ 100,00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 940,00</b>

Tabla 4 7 Costo total del sistema termo -solar. -Elaboración Propia.

#### 4.1.6 INGRESOS DEL PROYECTO

En este caso, los ingresos del proyecto corresponden a los valores que se dejaría de pagar por concepto de energía para calentamiento de agua, el cual comprende el pago de energía eléctrica y GLP tal como vemos en la Tabla 4.8.

Precio por Consumo Eléctrico mensual	USD. 6,00
Precio por Consumo de GLP mensual con subsidio	USD. 2,35
Precio por Consumo de GLP mensual valor real.	USD. 18,00

Tabla 4 8 Precio por Consumo de Energía para calentamiento de agua.

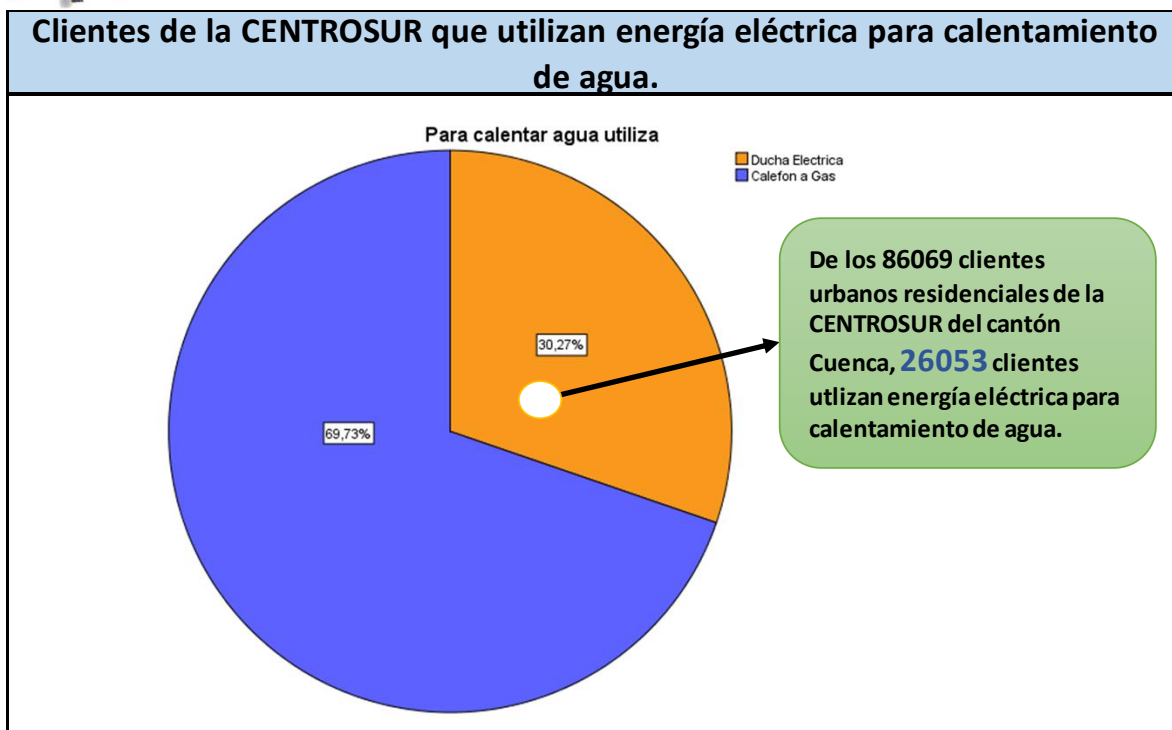
#### 4.2 ESTUDIO DE AHORRO ECONÓMICO AL ESTADO POR MOTIVO DE LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El Estado todos los años realiza una inversión en energía eléctrica para poder subsidiarla para el consumo de la población, esta inversión representa un alto rubro en el presupuesto del país, implementado este nuevo servicio se puede obtener un ahorro considerable para el Estado.

De la pregunta 2 de las encuestas realizadas en el capítulo 3<sup>27</sup>, se observa que los 30,27% de clientes urbanos residenciales utilizan ducha eléctrica para calentamiento de agua, si aplicamos este porcentaje al total de clientes residenciales urbanos de cantón Cuenca que son 86069 obtenemos los siguientes resultados:

$$\text{Clientes con Ducha Eléctrica} = 86069 \times 0,3027 = 26053 \text{ clientes}$$

<sup>27</sup> Pregunta 2. Tipo de Sistema que utiliza para calentamiento de agua.



Gráfica 4.1 Clientes que utilizan ducha eléctrica para calentamiento de agua - Elaboración Propia

Si aplicamos este sistema en el 70% de los clientes urbanos residenciales del cantón Cuenca, que utilizan ducha eléctrica para calentamiento de agua, en un tiempo estimado de 10 años vamos a tener una tasa de crecimiento de 0,07% al año, con lo cual a un total de 18237 clientes se implementaría este sistema.

PLAN DE IMPLEMENTACION EN 10 AÑOS		
% CRECIMIENTO	AÑO	# CLIENTES
0,07	1	1824
0,14	2	3647
0,21	3	5471
0,28	4	7295
0,35	5	9119
0,42	6	10942
0,49	7	12766
0,56	8	14590
0,63	9	16413
0,7	10	18237

Tabla 4.9 Implementación de los paneles termo-solares en 10 años para clientes que utilizan energía eléctrica.

Según los cálculos estimados de acuerdo al crecimiento poblacional que considere utilizar este nuevo sistema, el Ecuador podría ahorrar anualmente los siguientes valores que podemos observar a continuación:

<b>AHORRO AL ESTADO</b>		
<b>AÑO</b>	<b>USD/año</b>	<b>MWh/año</b>
1	64537,66	1331,31271
2	129075,33	2662,62542
3	193612,99	3993,93813
4	258150,65	5325,25084
5	322688,32	6656,56355
6	387225,98	7987,87626
7	451763,64	9319,18897
8	516301,31	10650,5017
9	580838,97	11981,8144
10	645376,63	13313,1271

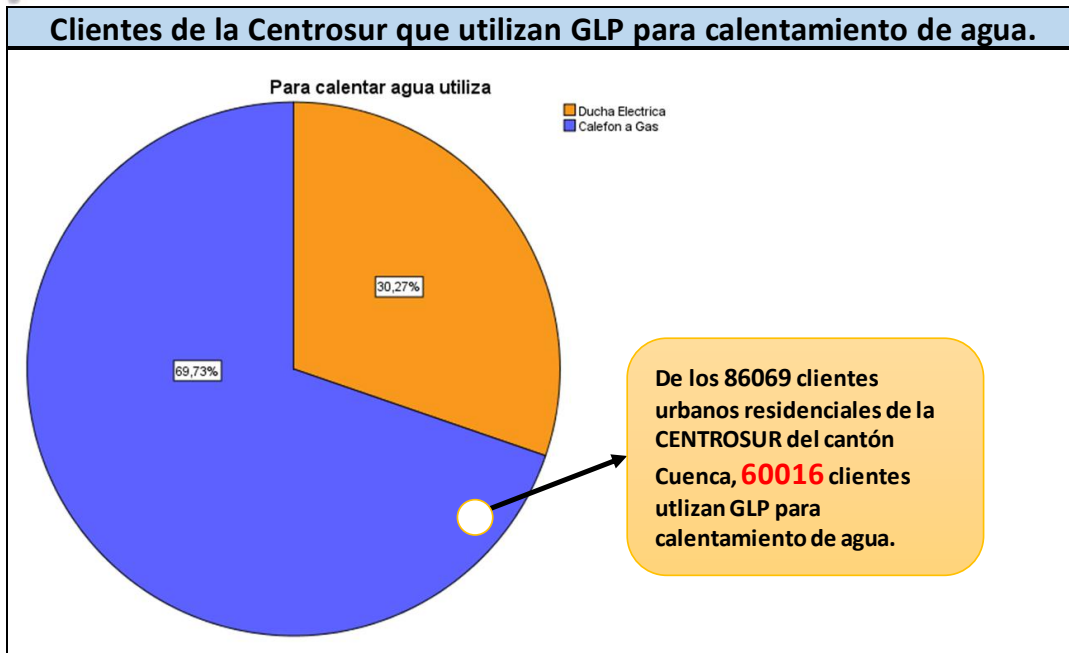
Tabla 4 10 Ahorro anual al Estado por motivo de la implementación de los sistemas termo-solares.

Como se observa en la Tabla 4.10, a partir del décimo año el Estado podría tener un ahorro de \$ 645.376,63 USD/año.

Los paneles solares en promedio tienen una vida útil de 20 años (dato proporcionado por el fabricante), por lo que el ahorro al Estado debe ser considerado para esos 20 años que aproximadamente llegaría a ser de \$7'099.142,93.

#### **4.3 ESTUDIO DE AHORRO ECONÓMICO AL ESTADO POR MOTIVO DE LA REDUCCIÓN DE GLP**

En la ciudad de Cuenca, en su mayoría las familias utilizan calefón a gas para calentamiento de agua, esto se lo puede apreciar en la pregunta 2 del capítulo 3 de ésta TESIS, el cual indica que el 69,73% de clientes urbanos residenciales de la CENTROSUR del cantón Cuenca utilizan este sistema, lo cual representa 60016 clientes tal como se aprecia en la Gráfica 4.2.



Gráfica 4 2 Clientes que utilizan calefón a GAS para calentamiento de agua - Elaboración Propia

El Estado al igual que en la energía eléctrica realiza una inversión al subsidiar el GLP, para que este sea accesible para la ciudadanía, a un precio bajo, que en la actualidad es de \$1,60 por cilindro de GLP de 15 kg, según la economía del país el Estado por cada cilindro de GLP subsidia \$ 10,17<sup>28</sup>, lo cual hace que los clientes hagan uso desmedido de este tipo de energía.

COSTO DEL G.L.P	
CON SUBSIDIO	SIN SUBSIDIO
\$ 1,60	\$ 11,77

Es quiere decir que el Estado nos subsidia el 86,41% correspondiente a USD. 10,17.

Gráfica 4 3 Relación entre el costo del GLP con y sin subsidio - Elaboración Propia

<sup>28</sup> Austrogas 2013.

Al implementar los ciudadanos el sistema de calentamiento de agua por medio de paneles solares, en el 70% de clientes urbanos residenciales de la CENTROSUR del cantón Cuenca que utilizan GLP para calentamiento de agua, con una tasa de crecimiento del 0,07% anual durante un periodo de 10 años, esto nos daría 4201 clientes al año utilizando el sistema termo solar hasta llegar a 42011 clientes en los 10 años lo cual podemos verificar en la Tabla 4.11.

<b>PLAN DE IMPLEMENTACION EN 10 AÑOS</b>		
<b>% CRECIMIENTO</b>	<b>AÑO</b>	<b># CLIENTES</b>
0,07	1	<b>4201</b>
0,14	2	<b>8402</b>
0,21	3	<b>12603</b>
0,28	4	<b>16804</b>
0,35	5	<b>21006</b>
0,42	6	<b>25207</b>
0,49	7	<b>29408</b>
0,56	8	<b>33609</b>
0,63	9	<b>37810</b>
0,7	10	<b>42011</b>

Tabla 4 11 Implementación de los paneles termo-solares en 10 años para clientes que utilizan ducha eléctrica -  
Elaboración Propia

El Estado con ésta implementación a partir del décimo año tendrá un ahorro de \$ 7'844.370 USD/año, como se ve en la Tabla 4.12.

<b>AHORRO AL ESTADO</b>		
<b>AÑO</b>	<b>USD/año</b>	<b>CILINDROS/AÑO</b>
1	\$ 784.437	77132,5
2	\$ 1.568.874	154264,9
3	\$ 2.353.311	231397,4
4	\$ 3.137.748	308529,8
5	\$ 3.922.185	385662,3
6	\$ 4.706.622	462794,7
7	\$ 5.491.059	539927,2
8	\$ 6.275.496	617059,6
9	\$ 7.059.933	694192,1
10	\$ 7.844.370	771324,5

Tabla 4 12 Ahorro anual al Estado por motivo de la implementación de los sistemas termo-solares.



Como el panel solar tiene una vida útil entre 20 y 25 años en promedio y si solo tomamos 20 años como su máxima vida útil, el Estado en ese mismo tiempo podría tener un ahorro aproximado de \$ 86'255.941,64.

#### 4.4 INGRESO DE CAPITAL AL ESTADO POR IMPLEMENTACIÓN DE UN CERTIFICADO DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> (CERS)

Los Certificados de Reducción de Emisiones de CO<sub>2</sub>, son los créditos por reducciones de emisiones logradas con los proyectos resultantes del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). MDL es un acuerdo en virtud del Protocolo de Kyoto que permite a los países industrializados con un compromiso de reducción de gases de efecto invernadero invertir en proyectos que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero en los países en desarrollo.

Según el régimen de comercio de Emisiones de la Unión Europea, el precio de tonelada de CO<sub>2</sub> se establece en 1,36 euros equivalente a 1,86 dólares.<sup>29</sup>

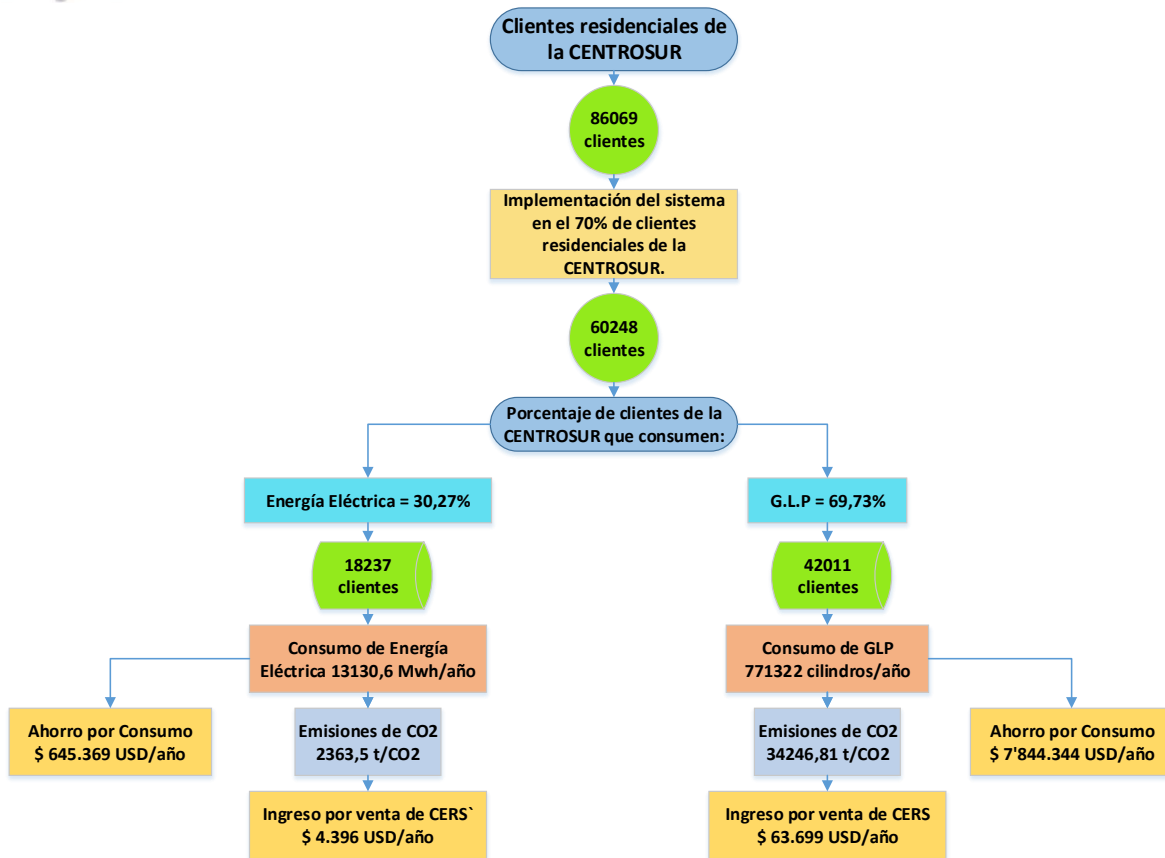
Como se observa en la Tabla 4.13 debido a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por año producto de la implementación de los paneles solares en el 70% del área indicada, el Estado puede tener un ingreso de capital de \$ 68.095 USD/año:

INGRESO POR REDUCCIONES EMISIONES DE t CO <sub>2</sub>	
TIPO	USD/t CO <sub>2</sub>
ELECTRICO	\$ 4.396
GLP	\$ 63.699
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 68.095</b>

Tabla 4 13 Ingreso de Capital al Estado por reducción de emisiones de t CO<sub>2</sub>. Elaboración Propia.

En síntesis el Estado puede ahorrar \$ 8'557.808 USD/año, producto de la disminución en el consumo de energía eléctrica, GLP, además del ingreso de capital por reducción de emisiones de t CO<sub>2</sub>, como se observa en la Gráfica 4.4.

<sup>29</sup> Tomado: [http://en.wikipedia.org/wiki/Certified\\_Emission\\_Reduction](http://en.wikipedia.org/wiki/Certified_Emission_Reduction)



Gráfica 4 4 Ingreso total de Capital al Estado – Elaboración Propia

## 4.5 ANALISIS FINANCIERO

### 4.5.1 MÉTODOS DINÁMICOS DE EVALUACIÓN

Los métodos dinámicos de evaluación son aquellos que consideran que los capitales tienen distintos valores en diferentes momentos de tiempo.

#### 4.5.1.1 Criterio del valor actual neto (VAN)

Este criterio nos permite determinar el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros producidos por una inversión. El cual viene dado por la siguiente fórmula.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Dónde:

n = número de años

$V_t$  = flujos de caja en cada periodo  $t$

$r$  = Tasa de referencia

$I_0$  = Inversión inicial

Una vez obtenido el valor actual neto (VAN) se debe interpretar el resultado, el cual nos va a servir para tomar una decisión sobre si el proyecto es: aceptable, debería rechazarse o que el proyecto no nos produciría ni ganancia ni pérdida tal como vemos en el Tabla 4.14.

Interpretación		
Valor	Significado	Decisión a tomar
<b>VAN &gt; 0</b>	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ ).	El proyecto puede aceptarse
<b>VAN &lt; 0</b>	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida ( $r$ ).	El proyecto debería rechazarse
<b>VAN = 0</b>	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas.	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ ), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Tabla 4 14 Interpretación para los resultados del VAN. – Wikipedia/valor actual neto

#### 4.5.1.2 Tasa interna de retorno (TIR)

El TIR es un indicador de rentabilidad de un proyecto, el cual se lo relaciona con la tasa de referencia, si este tiene un valor mayor se puede decir que el proyecto es aceptable caso contrario se rechaza el proyecto, para obtener este valor utilizamos la siguiente formula.

$$TIR = \frac{-I_0 + \sum_{t=1}^n F_t}{\sum_{t=1}^n t \times F_t}$$

Donde:

$F_t$  = Flujos de caja en el periodo t.

n = número de años.

$I_0$  = inversión inicial

Mediante la realización de escenarios se ha obtenido la rentabilidad y el análisis costo beneficio que obtendrán tanto el cliente como el estado por medio de la implementación de este sistema, de lo cual se ha sacado los siguientes resultados.

#### 4.5.2 ANALISIS DE FACTIBILIDAD MEDIANTE ESCENARIOS

##### Escenario 1.

Implementación del sistema termo solar para una vivienda típica con consumo de energía eléctrica para calentamiento de agua.

El proyecto no es viable ya que el costo de inversión es mayor que el beneficio tal como lo vemos en la Tabla 4.15.

<b>VAN</b>	<b>\$ 406,82</b>
<b>TIR</b>	<b>-4,58</b>
<b>Beneficio (B)</b>	\$ 406,82
<b>Costo (C)</b>	\$ 940
<b>Utilidad</b>	<b>(\$ 533,18)</b>
<b>B/C</b>	<b>0,43</b>

Tabla 4 15 Utilidad para el cliente con consumo de energía eléctrica. – Elaboración Propia.

El desarrollo de este escenario se lo puede ver en el Escenario 1 del ANEXO 6.

##### Escenario 2.

Implementación del sistema termo solar para una vivienda típica con consumo de GLP con subsidio para calentamiento de agua.

El proyecto no es viable ya que el costo de inversión es mayor que el beneficio tal como lo vemos en la Tabla 4.16.

<b>VAN</b>	<b>\$ 165,98</b>
<b>TIR</b>	<b>-16,99</b>
<b>Beneficio (B)</b>	\$ 165,98
<b>Costo (C)</b>	\$ 940
<b>Utilidad</b>	<b>(\$ 774,02)</b>
<b>B/C</b>	<b>0,18</b>

Tabla 4 16 Utilidad para el cliente con consumo de GLP con subsidio. – Elaboración Propia.

El desarrollo de este escenario se lo puede ver en el Escenario 2 del ANEXO 6.

### Escenario 3.

Implementación del sistema híbrido termo solar para una vivienda típica con consumo de GLP sin subsidio para calentamiento de agua (consumo mensual de GLP = 1 cilindro).

El proyecto no es viable ya que el costo de inversión es mayor que el beneficio tal como lo vemos en la Tabla 4.17.

<b>VAN</b>	<b>\$ 689,55</b>
<b>TIR</b>	<b>5,05</b>
<b>Beneficio (B)</b>	\$ 689,55
<b>Costo (C)</b>	\$ 940
<b>Utilidad</b>	<b>(\$ 250,45)</b>
<b>B/C</b>	<b>0,73</b>

Tabla 4 17 Utilidad para el cliente con consumo de 1 cilindro GLP sin subsidio. – Elaboración Propia.

El desarrollo de este escenario se lo puede ver en el Escenario 3 del ANEXO 6.

### Escenario 4.

Implementación del sistema termo solar para una vivienda típica con consumo de GLP sin subsidio para calentamiento de agua (consumo mensual de GLP = 1,53 cilindros).

El proyecto es viable ya que el costo de inversión es menor que al beneficio tal como lo vemos en la Tabla 4.18.

<b>VAN</b>	<b>\$ 1.221,00</b>
<b>TIR</b>	<b>18,93</b>
<b>Beneficio (B)</b>	\$ 1.221,00
<b>Costo (C)</b>	\$ 940
<b>Utilidad</b>	<b>\$ 281,00</b>
<b>B/C</b>	<b>1,30</b>

Tabla 4 18 Utilidad para el cliente con consumo de 1,53 cilindro GLP sin subsidio. – Elaboración Propia.

El desarrollo de este escenario se lo puede ver en el Escenario 4 del ANEXO 6.

Como se observa la relación costo beneficio tiene un valor de 1,30, el cual es uno de los factores a considerar para que el proyecto sea viable, ahora dentro de este escenario se plantea un escenario en el cual ésta relación tendrá un valor igual a 1, en el cual el precio del cilindro de GLP tendría un precio de USD 9,10 y el subsidio por parte de Estado sería de USD 7,50.

El desarrollo de este escenario se lo puede ver en el Escenario 5 del ANEXO 6.

### **Escenario 6.**

Ahorro al Estado debido a la implementación del sistema termo solar para una vivienda típica con consumo de GLP sin subsidio para calentamiento de agua (consumo mensual de GLP = 1,53 cilindros).

El proyecto es viable ya que el costo de inversión es menor que al beneficio tal como lo vemos en la Tabla 4.19.

<b>VAN</b>	<b>\$ 1.055,02</b>
<b>TIR</b>	<b>14,92</b>
<b>Beneficio (B)</b>	\$ 1.055,02
<b>Costo (C)</b>	\$ 940
<b>Utilidad</b>	<b>\$ 115,02</b>
<b>B/C</b>	<b>1,12</b>

Tabla 4 19 Utilidad para el Estado por subsidio del GLP – Elaboración Propia.

Si el Estado subsidia el costo de los sistemas termo solares, es beneficioso tanto para el Estado como para el usuario.

El desarrollo de este escenario se lo puede ver en el Escenario 6 del ANEXO 6

### Escenario 7.

Ahorro general al Estado debido a la implementación del sistema termo solar en el 70% de clientes urbanos residenciales con consumo eléctrico y GLP para calentamiento de agua de la CENTROSUR

El proyecto no es viable debido a que la TIR es menor a la tasa referencial, además el beneficio obtenido es menor al costo de la implementación tal como lo vemos en la Tabla 4.20.

<b>VAN</b>	<b>\$ 48.338.244,66</b>
<b>TIR</b>	<b>8,30</b>
<b>Beneficio (B)</b>	\$ 48.338.244,66
<b>Costo (C)</b>	\$ 56.633.120
<b>Utilidad</b>	<b>(\$ 8.294.875,34)</b>
<b>B/C</b>	<b>0,85</b>

Tabla 4 20 Utilidad para el Estado por subsidio del GLP – Elaboración Propia.

Si se lo ve desde el punto de vista ambiental, a pesar de que el costo sea mayor al beneficio, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> es considerable y por tanto podría ser viable el proyecto.

El desarrollo de este escenario se lo puede ver en el Escenario 7 del ANEXO 6



# CAPITULO 5





## CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones.

El petróleo es la fuente predominante de energía en el país, con un 81% en la matriz, para lo cual se recomienda dar una mayor importancia a la aplicación de mecanismos que promuevan y garanticen el desarrollo sustentable de las tecnologías renovables no convencionales, como son los sistemas termo-solares proyecto mediante el cual se pretende disminuir el consumo de energía (eléctrica o GLP) producto de la demanda de ésta para calentamiento de agua sanitaria residencial.

Al realizar el análisis de radiación solar en la ciudad de Cuenca Ecuador con los diferentes métodos de estimación, se determinó que la radiación sobre plano inclinado es relativamente constante durante el año teniendo un valor medio anual de 4,30 kW/m<sup>2</sup> por día, lo cual favorece a la utilización de sistemas termo-solares. Además la ubicación e implementación de los paneles se acoplan a la mayoría de lugares en donde serán instalados gracias a que estos no son móviles, teniendo presente de que estos deberán estar con un grado de inclinación de 15 grados como mínimo.

Con los datos proporcionados por la CENTROSUR, se dedujo el área de estudio, teniendo que el número total de clientes urbanos residenciales del cantón Cuenca es de 86.069 clientes, pero la implementación se la propuso en el 70% del total de clientes ya que no todos desearan el sistema por distintos motivos, teniendo un área de concesión correspondiente a 60.248 clientes.

Para la determinación del número de encuestas se realizó un muestreo aleatorio estratificado del cual se obtuvo un total de 382 muestras, las cuales se la hizo vía telefónica en la parroquia cañaribamba en vista de que un 82,68% son clientes residenciales materia de estudio.

Durante la encuesta a los clientes se notó que la gente que utiliza ducha eléctrica para calentamiento de agua desconocía la potencia consumida por ésta, por lo cual



se decidió tomar un promedio de la potencia consumida por la ducha de 3000 W tomado en cuenta el consumo de las duchas del mercado ecuatoriano.

Con las encuestas realizadas se determinó que el 30,27% utilizan ducha eléctrica para calentamiento de agua y el 69,73% utilizan GLP para el mismo fin.

Una vez obtenido los datos de las encuestas se determinó que el consumo de energía eléctrica por familia es de 2 kWh/día, lo cual a nivel de total de la CENTROSUR representa 52,11 MWh/día y 19018,69 MWh/año.

De igual manera se lo hizo con los clientes de la CENTROSUR con consumo de GLP para calentamiento de agua y se determinó que el consumo por familia es de 1,53 cilindros/mes de 15kg y a nivel de clientes con consumó de GLP de la CENTROSUR es de 1.101.894 cilindros/año.

Con la implementación del sistema en el 70% de los clientes con consumo eléctrico para calentamiento de agua, se tendría una reducción diaria de 34,80 MWh/día, siendo 27,79 MWh/día, en las horas de máximo consumo de mañana y 7,00 MWh/día en la noche, con lo que disminuirían la generación de las plantas térmicas de menor eficiencia. Teniendo esto en cuenta, la reducción de energía eléctrica al año sería 13.130,60 MWh/año, produciendo un ahorro al Estado de 645.369,00 USD/año, además considerando la no emisión de 2.363,50 t CO<sub>2</sub>/año se tendrá un ingreso de capital de 4.396 USD/año por la venta de CERs.

Análogamente para los clientes con consumo de GLP, se tendría una reducción anual de 771322 cilindros/año, produciendo un ahorro al estado de 7.844.344 USD/año, además, la no emisión de 34.246,81 t CO<sub>2</sub>/año produciría un ingreso de 63.699,00 USD/año por la venta de CERs.

Producto de la reducción de energía eléctrica, GLP y la venta de los CERs, el Estado podría tener un ahorro anual de USD 8.557.808.

Ambientemente entonces se puede tener una reducción total de toneladas de CO<sub>2</sub> por el consumo de energía eléctrica así como GLP de 36.610,34 t CO<sub>2</sub>/año, además de un ingreso de 68.095 USD/año por motivo de la venta de CERs.



Financieramente la inversión fruto de la implementación de los sistemas termo solares, para el caso de una vivienda con consumo de GLP si no existiera subsidio es rentable, ya que en un lapso de 10 años, éste tiene un TIR de 18,93%, frente a una tasa referencial del 12%, además se tiene un el benéfico de USD 281,00 y una relación beneficio costo de 1,30.

Para el estado de igual manera es rentable, ya que tiene un TIR de 14,92%, un beneficio de USD 115,02 y una relación beneficio costo de 1,12.

### **Recomendaciones.**

El mejor escenario de implementación del sistema termo-solar sería cuando la relación costo beneficio se encuentran en un punto de equilibrio ósea igual a 1, con esto se observa que el subsidio que da el gobierno al cilindro de GLP tendría una reducción de USD 11,78 a USD 7, 50.

Subsidiar el sistema termo-solar ya que es un proyecto viable como reemplazo de los calentadores a GLP.

Para una futura extensión de este tema se sugiere profundizar el análisis de los hábitos de consumo de energía de los clientes, para calentamiento de agua en varias parroquias de la ciudad, tanto urbanas como rurales.

Para la implementación de estos sistemas se sugiere plantear un programa de sustitución similar al utilizado en los focos ahorradores emprendido por la CENTROSUR, conjuntamente con el Estado.



# ANEXOS

## ANEXO 1

### Cálculo de la constante solar mediante el método de Stefan Boltzmann

#### Sección 2.2.4 Radiación solar extraterrestre

$$M = \sigma T^4$$

**M:** Densidad total de flujo radiante emitida por un cuerpo en W/m<sup>2</sup>

**$\sigma$ :** Constante de Boltzmann =  $5.6697 \times 10^{-8}$  W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>

**T:** Temperatura del cuerpo en °K

#### Datos:

- 2 Radio del Sol =  $r_s = 695500$  Km
- 3 Distancia media Sol – Tierra =  $149,6 \times 10^6$  Km
- 4 Temperatura en la superficie del Sol =  $5780$  °K

#### Desarrollo:

$$M_{sol} = 5.67 \times 10^{-8} \left[ W / m^2 \circ K^4 \right] \times (5780)^4 \left[ \circ K^4 \right]$$

$$M_{sol} = 63.284.071 \left[ MW m^{-2} \right]$$

Como la cantidad total de radiación en la superficie del Sol es aproximadamente igual a la radiación en la órbita de la Tierra (ley de la conservación de la energía), entonces:

$$M_{sol} \times A_{sol} = M_{tierra} \times A_{sol-tierra} \quad (1)$$

Como  $A_{sol} = \pi \times r_s^2$  y  $A_{sol-tierra} = \pi \times r_{st}^2$  podemos reemplazar en (1) y tenemos:

$$M_{sol} \times \pi \times r_s^2 = M_{tierra} \times \pi \times r_{st}^2$$

Suprimiendo el valor de  $\pi$  en ambos lados de la ecuación y despejando para  $M_{tierra}$  tenemos:



$$M_{tierra} = M_{sol} \times \left( \frac{r_s^2}{r_{st}^2} \right)$$

Reemplazando valores:

$$M_{tierra} = 63.28 [MWm^{-2}] \times \left( \frac{(695,5 \times 10^6 [m])^2}{(149,6 \times 10^9 [m])^2} \right)$$

$$M_{tierra} = 63.28 [MWm^{-2}] \times \left( \frac{1}{46266} \right)$$

$$M_{tierra} = 1367 [Wm^{-2}]$$

A este valor se le conoce como la constante solar.



## ANEXO 2

### Calculo del tiempo solar verdadero

#### Sección 2.2.7 Posición del sol

Se desea obtener el tiempo solar verdadero y el ángulo horario verdadero en la ciudad de Cuenca, el día 1 de Agosto y cuando son las 11 h 00 min de la mañana.

#### Datos:

HO = 11 h 00 min (hora oficial)

$e = 0$  (no posee adelanto horario por encontrarse en la línea ecuatorial)

#### Formula:

$$TSV = HO - e + ET + \frac{1}{15}(\lambda_m - \lambda) \quad (1)$$

#### Desarrollo:

Primero se calcula la ecuación de tiempo (ET).

$$ET = 9,87 \sin(2B) - 7,53 \cos(B) - 1,5 \sin(B) \quad (2)$$

$$B = \frac{360}{364} \times (Z - 81)$$

$$Z = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 1 = 213 \quad (\text{Día del año})$$

#### Resultados

TSV	8,09145857
H	-58,6281215

Dónde:

TSV: Tiempo Solar Verdadero

h: Angulo Horario Verdadero.



### ANEXO 3

#### Sección 2.4.1 Irradiación solar sobre el plano horizontal

#### Método de la NASA

Latitude -2.905 / Longitude -78.984 was chosen.

	Unit	Climate data location
Latitude	°N	-2.905
Longitude	°E	-78.984
Elevation	m	1625
Heating design temperature	°C	11.83
Cooling design temperature	°C	23.39
Earth temperature amplitude	°C	11.07
Frost days at site	day	0

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	17.8	76.7%	4.39	84.0	1.8	19.3	16	243
February	17.7	79.4%	4.25	84.0	1.8	18.9	17	218
March	18.0	77.9%	4.45	84.0	1.8	19.4	13	248
April	17.6	77.3%	4.33	84.1	1.8	19.0	22	227
May	17.1	72.4%	4.19	84.1	2.0	18.5	31	222
June	16.7	66.5%	4.15	84.2	2.5	18.1	40	202
July	16.8	57.3%	4.19	84.2	2.5	18.7	39	213
August	17.9	51.3%	4.49	84.2	2.5	20.4	19	243
September	18.9	51.2%	4.55	84.1	2.2	21.8	5	266
October	19.5	54.9%	4.54	84.0	2.0	22.7	3	293
November	18.9	64.3%	4.73	84.0	1.9	21.7	5	266
December	18.1	74.4%	4.57	84.0	1.9	19.9	12	252
<b>Annual</b>	17.9	67.0%	4.40	84.1	2.1	19.9	222	2893
Measured at (m)					10.0	0.0		



## ANEXO 4

Mapa de Isorradiación solar anual (INAMHI)



## ANEXO 5

Modelo de Encuesta realizada en el periodo noviembre 2012 - febrero 2013

Numero de personas que conforman el nucleo familiar		
Para calentar agua usa:		
Ducha eléctrica		Calentador solar
Calefón a gas		Otros
Si respondió Ducha electrica, ¿Cuál es su potencia?		
Si respondió Calefón a gas, ¿# de cilindros/mes?		
Si respondió Calentador solar ¿Cuál es su capacidad?		
Antigüedad del equipo:		
Ducha eléctrica:	años	Calefón a gas:
	<1	
	1-4	
	5-10	
	>10	
Frecuencia de baño semanal		
Tiempo promedio de baño (min)		
< 5 (min)		
5 - 10 (min)		
11 - 15 (min)		
> 15 (min)		
Hora típica de baño		
6-8 AM	6-10 PM	Otros
¿Compraría un sistema de calentamiento de agua que consuma menos energía, aún que su costo sea superior al convencional?		
Si		No
Si usa electricidad, gas u otros: ¿Cambiaría a calentador solar si la Empresa Eléctrica le subcidia un porcentaje del valor del sistema?		
Si		No

## ANEXO 6

### Escenario 1.

Implementación del sistema termo solar para una vivienda típica con consumo de energía eléctrica para calentamiento de agua.

<b>PARA EL USUARIO</b>
------------------------

ELECTRICIDAD	
Costo del kWh - ctvs	10
Energía por día - kWh	2
Costo anual	72
Período de análisis - años	10
Tasa de descuento anual	12%
Costo del proyecto de sustitución - \$	940

Años	Valor proyectado a 10 años	Valor en tiempo presente
0	-940	-940
1	72,00	64,29
2	72,00	57,40
3	72,00	51,25
4	72,00	45,76
5	72,00	40,85
6	72,00	36,48
7	72,00	32,57
8	72,00	29,08
9	72,00	25,96
10	72,00	23,18

<b>VAN</b>	<b>\$ 406,82</b>
<b>TIR</b>	<b>-4,58</b>

<b>Beneficio (B)</b>	\$ 406,82
<b>Costo (C)</b>	\$ 940
<b>Utilidad</b>	<b>(\$ 533,18)</b>

<b>B/C</b>	<b>0,43</b>
------------	-------------

## Escenario 2.

Implementación del sistema termo solar para una vivienda típica con consumo de GLP con subsidio para calentamiento de agua.

<b>PARA EL USUARIO</b>
------------------------

GLP CON SUBSIDIO	
Núm cilindros por usuario por mes	1,53
Costo cilindro - \$	1,6
Costo anual	29,376
Período de análisis (años)	10
Tasa de descuento anual	12%
Costo del proyecto de sustitución - \$	940

Años	Valor proyectado a 10 años	Valor en tiempo presente
0	-940	-940
1	29,38	26,23
2	29,38	23,42
3	29,38	20,91
4	29,38	18,67
5	29,38	16,67
6	29,38	14,88
7	29,38	13,29
8	29,38	11,86
9	29,38	10,59
10	29,38	9,46

VAN	\$ 165,98
TIR	-16,99

Beneficio (B)	\$ 165,98
Costo (C)	\$ 940
Utilidad	(\$ 774,02)

B/C	0,18
-----	------

### Escenario 3.

Implementación del sistema híbrido termo solar para una vivienda típica con consumo de GLP sin subsidio para calentamiento de agua (consumo mensual de GLP = 1 cilindro).

<b>PARA EL USUARIO</b>
------------------------

CON 1 CILINDRO DE GLP SIN SUBSIDIO	
Núm cilindros por usuario por mes	1
Costo cilindro - \$	1,6
Costo real de 1 cilindro - \$	11,77
Ahoro por cilindro - \$	10,17
Ahorro anual por usuario - \$	122,04
Período de análisis (años)	10
Tasa de descuento anual	12%
Costo del proyecto de sustitución - \$	940

Años	Valor proyectado a 10 años	Valor en tiempo presente
0	-940	-940
1	122,04	108,96
2	122,04	97,29
3	122,04	86,87
4	122,04	77,56
5	122,04	69,25
6	122,04	61,83
7	122,04	55,20
8	122,04	49,29
9	122,04	44,01
10	122,04	39,29

<b>VAN</b>	<b>\$ 689,55</b>
<b>TIR</b>	<b>5,05</b>

<b>Beneficio (B)</b>	\$ 689,55
<b>Costo (C)</b>	\$ 940
<b>Utilidad</b>	<b>(\$ 250,45)</b>

<b>B/C</b>	<b>0,73</b>
------------	-------------

#### Escenario 4.

Implementación del sistema termo solar para una vivienda típica con consumo de GLP sin subsidio para calentamiento de agua (consumo mensual de GLP = 1,53 cilindros).

PARA EL USUARIO	
<b>CON 1,53 CILINDRO DE GLP SIN SUBSIDIO</b>	
Núm cilindros por usuario por mes	1,53
Costo cilindro - \$	1,6
Costo real de 1 cilindro - \$	11,77
Ahoro por cilindro - \$	10,17
Ahoro anual por usuario - \$	216,10
Período de análisis (años)	10
Tasa de descuento anual	12%
Costo del proyecto de sustitución - \$	940

Años	Valor proyectado a 10 años	Valor en tiempo presente
0	-940	-940
1	216,10	192,94
2	216,10	172,27
3	216,10	153,81
4	216,10	137,33
5	216,10	122,62
6	216,10	109,48
7	216,10	97,75
8	216,10	87,28
9	216,10	77,93
10	216,10	69,58

VAN	\$ 1.221,00
TIR	18,93

Beneficio (B)	\$ 1.221,00
Costo (C)	\$ 940
Utilidad	\$ 281,00

B/C	1,30
-----	------

### Escenario 5.

Implementación del sistema termo solar para una vivienda típica con consumo de GLP con subsidio de USD 7,00 y precio real de USD 9,10 para calentamiento de agua (consumo mensual de GLP = 1,53 cilindros).

<b>PARA EL USUARIO</b>
------------------------

CON 1,53 CILINDRO DE GLP CON COSTO DEL CILINDRO DE \$ 9,10	
Núm cilindros por usuario por mes	1,53
Costo cilindro - \$	1,6
Costo real de 1 cilindro - \$	9,1
Ahoro por cilindro - \$	7,5
Ahorro anual por usuario - \$	167,08
Período de análisis (años)	10
Tasa de descuento anual	12%
Costo del proyecto de sustitución - \$	940

Años	Valor proyectado a 10 años	Valor en tiempo presente
0	-940	-940
1	167,08	149,18
2	167,08	133,19
3	167,08	118,92
4	167,08	106,18
5	167,08	94,80
6	167,08	84,65
7	167,08	75,58
8	167,08	67,48
9	167,08	60,25
10	167,08	53,79

<b>VAN</b>	<b>\$ 944,02</b>
<b>TIR</b>	<b>12,10</b>

<b>Beneficio (B)</b>	\$ 944,02
<b>Costo (C)</b>	\$ 940
<b>Utilidad</b>	<b>\$ 4,02</b>

<b>B/C</b>	<b>1,00</b>
------------	-------------

## Escenario 6.

Ahorro al estado debido a la implementación del sistema termo solar para una vivienda típica con consumo de GLP sin subsidio para calentamiento de agua (consumo mensual de GLP = 1,53 cilindros).

<b>PARA EL ESTADO</b>
-----------------------

AHORRO DEL SUBSIDIO DE GLP POR PARTE DEL ESTADO	
Núm cilindros por usuario por mes	1,53
Costo cilindro - \$	1,6
Costo real del cilindro - \$	11,77
Ahorro por cilindro - \$	10,17
Ahorro anual por usuario - \$	186,72
Período de análisis - años	10
Tasa de descuento anual	12%
Costo del proyecto de sustitución - \$	940

Años	Valor proyectado a 10 años	Valor en tiempo presente
0	-940	-940
1	186,72	166,72
2	186,72	148,85
3	186,72	132,90
4	186,72	118,66
5	186,72	105,95
6	186,72	94,60
7	186,72	84,46
8	186,72	75,41
9	186,72	67,33
10	186,72	60,12

VAN	\$ 1.055,02
TIR	14,92

Beneficio (B)	\$ 1.055,02
Costo (C)	\$ 940
Utilidad	\$ 115,02

B/C	1,12
-----	------



## Escenario 7.

Ahorro al estado debido a la implementación del sistema termo solar en el 70% de los clientes urbanos residenciales de la CENTROSUR del cantón Cuenca.

PARA EL ESTADO	
<b>Con Implementación en el 70% de clientes de la CENTROSUR.</b>	
Energía por día - kWh	2
Costo del Kwh - ctvs (generación-transmis)	4,92
Ahorro anual por usuario - año	72
Ahorro anual 70% de clientes - año	654340,1969
Núm cilindros por usuario por mes	1,53
Costo cilindro - \$	1,6
Costo real del cilindro - \$	11,77
Ahorro por cilindro - \$	10,17
Ahorro anual por usuario - \$	186,72
Ahorro anual 70% de clientes - año	7844370,40
Período de análisis - años	10
Tasa de descuento anual	12%
Costo del proyecto de sustitución - \$	56.633.120

Años	Valor proyectado a 10 años	Valor en tiempo presente
0	-56.633.120	-56.633.120
1	8555103,83	7638485,56
2	8555103,83	6820076,39
3	8555103,83	6089353,92
4	8555103,83	5436923,15
5	8555103,83	4854395,67
6	8555103,83	4334281,84
7	8555103,83	3869894,50
8	8555103,83	3455262,95
9	8555103,83	3085056,21
10	8555103,83	2754514,47

VAN	\$ 48.338.244,66
TIR	8,30

Beneficio (B)	\$ 48.338.244,66
Costo (C)	\$ 56.633.120
Utilidad	(\$ 8.294.875,34)

B/C	0,85
-----	------



## Bibliografía

- [1] M. Castro, «Hacia una Matriz Energética Diversificada en el Ecuador,» de *Hacia una Matriz Energética Diversificada en el Ecuador*, Quito, 2011, p. 57.
- [2] CELEC, 2012.
- [3] Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, «PROYECTOS DE GENERACION CANDICATOS,» de *PLAN MAESTRO DEELECTRIFICACION 2012 - 20211*, Quito, 2012, pp. 164 - 168.
- [4] «El subsidio opaca el negocio del gas,» 7 Mayo 2012. [En línea]. Available: [http://www.revistalideres.ec/informe-semanal/SUBSIDIO-OPACA-NEGOCIO\\_0\\_694130628.html](http://www.revistalideres.ec/informe-semanal/SUBSIDIO-OPACA-NEGOCIO_0_694130628.html).
- [5] H. Ortiz, «Agencia de Noticias Andes,» 15 Adril 2013. [En línea]. Available: <http://www.andes.info.ec/es/reportajes/primera-etapa-refineria-pacifico-tiene-avance-2144-ciento.html>.
- [6] L. Jutglar, *ENERGÍA SOLAR*, Barcelona: Ceac, 2004, p. 9.
- [7] D. E. U. (. -. C. Mainz), «Global Change Magazine for Schools,» [En línea]. Available: [http://www.atmosphere.mpg.de/enid/Cambio\\_clim\\_tico\\_-\\_clases\\_ss/ss\\_Energ\\_a\\_del\\_sol\\_6fg.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/Cambio_clim_tico_-_clases_ss/ss_Energ_a_del_sol_6fg.html). [Último acceso: 13 Enero 2013].
- [8] M. d. E. y. M. (. y. WWF, "ENERGIAS RENOVABLES: CONCEPTOS Y APLICACIONES", Quito, 2003.
- [9] L. Jutglar, *ENERGÍA SOLAR*, Barcelona: Ceac, 2004, p. 12.
- [1 L. Jutglar, *ENERGÍA SOLAR*, Barcelona: Ceac, 2004, pp. 13-16.  
0]
- [1 INEC, «INEC,» [En línea]. Available: <http://www.inec.gob.ec/inec>. [Último  
1] acceso: 15 02 2013].



[1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y COOPERACIÓN AL DESARROLLO,  
2] INGENIERIA SIN FRONTERAS, Madrid: RED ALMAR ediciones, 1999, p. 81.

[1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA Y COOPERACIÓN AL DESARROLLO,  
3] Madrid: RED ALMAR ediciones, 1999, p. 97.

[1 C. ALCALDÍA, «CUENCA ALCALDÍA,» [En línea]. Available:

4] [http://www.cuenca.gov.ec/?q=page\\_divisionpolitica](http://www.cuenca.gov.ec/?q=page_divisionpolitica). [Último acceso: 24 Marzo 2013].

[1 G. C. Castillo, «Descartes 2D,» [En línea]. Available:

5] [http://recursostic.educacion.es/descartes/web/materiales\\_didacticos/muestreo\\_poblaciones\\_ccg/tipos\\_muestreo.htm](http://recursostic.educacion.es/descartes/web/materiales_didacticos/muestreo_poblaciones_ccg/tipos_muestreo.htm). [Último acceso: 01 04 2013].