

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**“EVALUACIÓN ENERGÉTICA-ECONÓMICA EN EL USO DE  
CALENTADORES DE AGUA EN EL CANTÓN PAUTE”**

**Tesis previa a la Obtención del  
Título de Ingeniero Eléctrico**

**AUTORES:**

**LEONARDO JAVIER VILLALTA PACHECO**

**SERGIO IVÁN BUÑAY YUGSI**

**DIRECTOR:**

**ING. WILSON FERNANDO MOGROVEJO LEÓN, M.Sc**

**CUENCA-ECUADOR**

**2016**



## RESUMEN

El proyecto de cambio de la matriz energética en Ecuador establece la generación de energía eléctrica utilizando energías primarias que reduzcan la emisión de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global. Uno de los objetivos específicos es la sustitución de equipos que utilizan gas licuado de petróleo (GLP) por equipos eléctricos, como es el caso de las cocinas y los calentadores de agua.

En el presente estudio se analizan las tecnologías ofertadas en el mercado local para el calentamiento de agua de uso doméstico, se realizan pruebas de consumo de las cinco principales tecnologías ofertadas: calefón a gas, ducha eléctrica, calentador eléctrico instantáneo, termotanque eléctrico y el sistema híbrido solar – eléctrico. Las pruebas se realizan en el cantón Paute, en una vivienda modelo habitada regularmente por cuatro personas, y los parámetros obtenidos se comparan con los especificados por el fabricante.

Además, se realizan encuestas para conocer los hábitos de uso de agua caliente y las tecnologías utilizadas por familias que habitan en el área urbana del cantón Paute.

Se comparan las diferentes tecnologías con el análisis de capacidad de calentamiento y de servicio simultáneo a diferentes puntos de uso, con el caudal y temperatura adecuados, detallando los costos de instalación, operación y mantenimiento de los equipos de calentamiento.

Finalmente luego de la evaluación energética – económica se presenta los resultados obtenidos en la localidad para que el usuario pueda escoger la tecnología adecuada acorde a sus requerimientos.

**Palabras clave:** Matriz energética, Gas licuado de petróleo, Calentadores de agua, energía solar.



## ABSTRACT

*The project of changing the Energy Matrix in Ecuador, establishes the generation of electric energy using primary energies that reduce the emission of greenhouse effect gases, which cause global warming. One of the specific goals is the replacement of devices that use liquefied gas of oil GLP by electrical equipment, such as kitchens and water heaters.*

*In the present study is analyzed the technologies offered on the local market for warming water for domestic use. There are done consumption tests for five main technologies offered: water heater to gas, electrical shower, instantaneous electrical heater, electrical thermo tank and the hybrid system solar – electrical. The tests are done in Paute town, in a model dwelling inhabited regularly by four persons, and the obtained parameters are compared by the ones specified by the manufacturer.*

*Also, surveys are done to know the consumption habits of hot water and technologies used by families that live in the urban area of Paute town.*

*The different technologies are compared with the respective analysis of warming capacity and the simultaneous service to different points of use. With flow and temperature adapted, detailing the costs of installation, operation and maintenance of the warming equipment.*

*Finally after the energetic– economic evaluation we show the results obtained in the locality so that the user can choose the appropriate technology in accordance with his/her requirement.*

**Key words:** *Energy matrix, Liquefied gas of oil, water heaters, solar energy.*



## CONTENIDO

RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	3
GENERALIDADES.....	18
INTRODUCCIÓN .....	18
Objetivos generales:.....	18
Objetivos específicos: .....	19
JUSTIFICACIÓN.....	19
1 CAPITULO I: ANTECEDENTES.....	20
1.1 Situación general. ....	20
1.2 Situación eléctrica del Ecuador .....	22
1.2.1 Demanda eléctrica en el sector residencial. ....	30
1.2.2 Regulación ARCONEL 001/015.....	33
1.2.3 Programa PEC.....	34
1.2.4 Tarifas por consumo eléctrico.....	34
1.2.4.1 Tarifa residencial .....	34
1.2.4.2 Tarifa Residencial para el programa PEC. ....	35
1.3 Demanda de GLP en el sector residencial .....	36
1.3.1 Subsidio al GLP .....	38
1.4 Uso de agua caliente sanitaria .....	41
2 CAPÍTULO II: TECNOLOGÍAS PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA..	44
2.1 Clasificación de los sistemas de calentamiento de agua .....	44
2.1.1 Calentadores de paso o instantáneos .....	44
2.1.2 Calentadores acumuladores.....	44
2.2 Tecnologías convencionales.....	44
2.2.1 Calefón a GLP .....	44
2.2.2 Ducha eléctrica.....	46
2.3 Nuevas tecnologías.....	47
2.3.1 Calefón eléctrico (calentador eléctrico instantáneo) .....	48
2.3.1.1 Características Técnicas del modelo a utilizarse para el caso de estudio: 50	
2.3.2 Termotanque eléctrico .....	50
2.3.3 Sistema solar - eléctrico .....	52
2.3.3.1 Energía solar aplicada al calentamiento de agua.....	57
2.4 Instrumentos de medida.....	59



2.4.1	Medidores de temperatura.....	59
2.4.2	Medidor de cantidad de agua .....	61
2.4.3	Contador de energía.....	63
2.5	Medición de parámetros.....	64
2.5.1	Temperatura .....	64
2.5.2	Temperatura ambiente .....	64
2.5.3	Temperatura del agua .....	65
2.5.4	Cantidad de agua .....	65
2.5.5	Cantidad de energía .....	66
3	CAPITULO III: LEVANTAMIENTO DE DATOS .....	67
3.1	Elaboración y modelo de encuestas .....	67
3.1.1	Selección del número de muestras de acuerdo a la población.....	67
3.1.2	Análisis de resultados de las encuestas .....	68
3.2	Instalación de equipos e instrumentos de medida .....	72
3.2.1	Instalación del calefón a gas .....	72
3.2.2	Instalación de ducha eléctrica .....	74
3.2.3	Instalación del calefón eléctrico.....	76
3.2.4	Instalación del termotanque eléctrico .....	78
3.2.5	Instalación del sistema solar - eléctrico .....	80
3.3	Registro de mediciones.....	83
4	CAPITULO IV: COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....	88
4.1	Análisis de resultados .....	88
4.2	Evaluación de consumo de energía por sistema.....	90
4.3	Evaluación de la capacidad de calentamiento por consumo de energía de cada sistema.....	91
4.4	Evaluación de costos .....	92
4.4.1	Costos de inversión por sistema.....	92
4.4.2	Costos de operación por sistema .....	94
4.4.3	Costos de mantenimiento por sistema.....	95
4.5	Presentación de resultados.....	95
4.5.1	Presentación de resultados en base a las encuestas.....	98
4.6	Comparación económica y energética entre tecnologías.....	99
4.6.1	Comparación de sistemas por cargos tarifarios mensuales .....	99
4.6.2	Comparación de simultaneidad entre tecnologías .....	99
4.6.2.1	Prueba de eficiencia del calefón eléctrico .....	102



4.6.2.2	Prueba de eficiencia a la ducha eléctrica .....	103
4.6.2.3	Prueba de eficiencia del calefón a GLP.....	104
4.6.2.4	Prueba de eficiencia del termostato eléctrico .....	105
4.6.2.5	Prueba de eficiencia del sistema solar – eléctrico.....	106
4.6.3	Resumen de comparación económica – energética entre tecnologías .....	108
4.7	Mejoramiento de eficiencia del sistema solar – eléctrico.....	108
5	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
5.1	Conclusiones.....	114
5.2	Recomendaciones.....	115
6	BIBLIOGRAFÍA.....	117
7	ANEXOS.....	119
7.1	ANEXO 1: Modelo de encuesta .....	119
7.2	ANEXO 2: Hoja de registro de datos de cantidad de agua caliente y tiempo de utilización.....	121
7.3	ANEXO 3: Historial del registro de mediciones .....	122
7.4	ANEXO 4: Presupuesto de cada uno de los sistemas de calentamiento	127
7.5	ANEXO 5: Costo de los sistemas de calentamiento de ACS para una vida útil proyectada de 20 años .....	132

## FIGURAS

Figura 1.1	Oferta de la energía primaria por fuentes 2000 – 2014.....	21
Figura 1.2	Central Hidroeléctrica Manduriacu .....	25
Figura 1.3	Esquema general de obras de la Central Hidroeléctrica Sopladora. ....	26
Figura 1.4	Subestación eléctrica de 500kV El Inga, para procesar la energía eléctrica generada por las centrales Coca Codo Sinclair y Sopladora. ....	28
Figura 1.5	Sistema Nacional Interconectado, mapa eléctrico de 500kV. ....	29
Figura 1.6	Estructura de generación eléctrica 2015 .....	30
Figura 1.7	Evolución decenal de clientes por grupo de consumo .....	31
Figura 1.8	Cantidad de clientes residenciales a nivel nacional .....	32
Figura 1.9	Demanda anual de energía eléctrica a nivel nacional por grupo de consumo (GWh) .....	33
Figura 1.10	Consumo de GLP por sector.....	37
Figura 1.11	Consumo energético en el sector residencial.....	37
Figura 1.12	Registro del costo de GLP en dólar/galón de acuerdo al mercado referente Mont Belvieu. ....	39
Figura 1.13	Diferencial de precios GLP doméstico en países vecinos.....	40
Figura 1.14	Comparación de producción e importación de GLP .....	40



Figura 2.1 Características Técnicas del calefón YANG TW-983.....	46
Figura 2.2 Características Técnicas de la ducha eléctrica .....	47
Figura 2.3 Características Técnicas del eléctrico de cocina.....	47
Figura 2.4 Calentador eléctrico instantáneo, para 3 puntos de uso: lavavajilla, lavamanos y ducha. ....	48
Figura 2.5 Características Técnicas del calentador eléctrico Stiebel Eltron .....	50
Figura 2.6 Resistencias eléctricas del termotanque .....	51
Figura 2.7 Partes del termotanque .....	52
Figura 2.8 Partes del captador solar de placa plana .....	53
Figura 2.9 Sistema por efecto termosifón.....	54
Figura 2.10 Sistema por circulación forzada .....	55
Figura 2.11 Ángulos de orientación e inclinación del captador solar.....	56
Figura 2.12 Atlas solar del Ecuador .....	57
Figura 2.13 Termopar del tipo K.....	61
Figura 2.14 VA601 Data logger .....	61
Figura 2.15 Medidor de chorro único para agua fría.....	62
Figura 2.16 Medidor de chorro único para agua caliente .....	62
Figura 2.17 Contador de energía bifásico .....	64
Figura 3.1 Tecnologías utilizadas para el calentamiento de agua en el Cantón Paute .....	69
Figura 3.2 Grafica de satisfacción con el sistema de calentamiento de agua existente .....	69
Figura 3.3 Grafica de usos de agua caliente en el cantón Paute .....	70
Figura 3.4 Tiempos promedios que utiliza la ducha una persona .....	70
Figura 3.5 Consumo mensual de GLP por concepto de calentamiento de agua .....	71
Figura 3.6 Consumo mensual de energía eléctrica .....	71
Figura 3.7 Instalación del calefón a GLP y los equipos de medición.....	73
Figura 3.8 Fotografía de la instalación del calefón a GLP y los equipos de medición .....	74
Figura 3.9 Instalación de la ducha eléctrica, calentadores instantáneos y los equipos de medición .....	75
Figura 3.10 Fotografía de la instalación de la ducha eléctrica .....	75
Figura 3.11 Instalación del calefón eléctrico y los equipos de medición .....	77
Figura 3.12 Fotografía de la instalación del calefón eléctrico y los equipos de medición .....	78
Figura 3.13 Instalación del termotanque eléctrico y los equipos de medición ..	79
Figura 3.14 Fotografía de la instalación del termotanque eléctrico y los equipos de medición .....	80
Figura 3.15 Instalación del sistema solar - eléctrico y los equipos de medición .....	82
Figura 3.16 Fotografía de la instalación del sistema solar - eléctrico y los equipos de medición .....	83
Figura 3.17 Fotografía del registro de consumo de GLP.....	85
Figura 3.18 Fotografía del registro de consumo del total de agua caliente en el departamento .....	85



Figura 3.19 Fotografía del registro de consumo de agua caliente en la ducha	86
Figura 3.20 Fotografía del registro de consumo de agua caliente en el lavavajillas	86
Figura 3.21 Fotografía del registro de temperatura ambiente, agua fría y agua caliente	86
Figura 3.22 Fotografía del registro de consumo de energía eléctrica	87
Figura 4.1 Temperatura promedio y caudal promedio de los sistemas de calentamiento de ACS	89
Figura 4.2 Energía mensual consumida por los sistemas de calentamiento	91
Figura 4.3 Volumen de agua por kWh consumido	92
Figura 4.4 Costos de inversión de cada sistema de calentamiento	93
Figura 4.5 Costo de inversión de cada sistema durante una vida útil con proyección a 20 años traídas a valores presentes	94
Figura 4.6 Costos de operación de cada sistema de calentamiento	95
Figura 4.7 Presión de agua a la red	102
Figura 4.8 Prueba de simultaneidad del calefón eléctrico	103
Figura 4.9 Prueba de simultaneidad de la ducha eléctrica	104
Figura 4.10 Prueba de simultaneidad del calefón a GLP	105
Figura 4.11 Prueba de simultaneidad del termotanque eléctrico	106
Figura 4.12 Prueba de simultaneidad del sistema solar – eléctrico	107
Figura 4.13 Comparación de la capacidad de calentamiento entre tecnología vs caudal de ACS	108
Figura 4.14 Imagen de la colocación del temporizador	109
Figura 4.15 Consumos de energía mensual de con el sistema modificado	110
Figura 4.16 Cargos tarifario mensual con el sistema modificado	111
Figura 4.17 Temperatura del ACS en el termotanque durante un periodo de tiempo de 24 horas, con el sistema modificado	112
Figura 4.18 Imágenes de la instalación del sistema solar eléctrico modificado	113

## TABLAS

Tabla 1.1 Potencia, producción y presupuesto de las centrales hidroeléctricas emblemáticas	24
Tabla 1.2 Proyectos de generación en operación desde el año 2015	25
Tabla 1.3 Avance de los proyectos de generación en construcción (año 2015)	26
Tabla 1.4 Estudios finalizados de proyectos para generación eléctrica	27
Tabla 1.5 Estudios en ejecución de proyectos para generación eléctrica	27
Tabla 1.6 Avance de los proyectos de transmisión y sub – transmisión de energía eléctrica	29
Tabla 1.7 Evolución del consumo de energía eléctrica por sector desde 2004 hasta 2014	31
Tabla 1.8 Cargos tarifarios únicos periodo Enero – Diciembre 2016	36
Tabla 1.9 Evolución de consumo de energía desde 2004 hasta 2014	38
Tabla 1.10 Demanda de agua caliente	42





Tabla 2.1 Radiación solar global .....	58
Tabla 2.2 Contribución solar mínima en %, Caso general .....	58
Tabla 2.3 Contribución solar mínima en %, Caso efecto joule .....	59
Tabla 2.4 Tipos de termopares.....	60
Tabla 3.1 Cronograma de instalación de equipos .....	72
Tabla 3.2 Lista de equipos e instrumentos para la instalación del sistema de calentamiento a GLP (calefón a gas). .....	73
Tabla 3.3 Lista de equipos para la instalación ducha eléctrica .....	74
Tabla 3.4 Lista de equipos para la instalación del calefón eléctrico .....	76
Tabla 3.5 Lista de equipos necesarios para la instalación del Termotanque eléctrico.....	78
Tabla 3.6 Lista de equipos para la instalación del sistema solar –.....	81
Tabla 3.7 Cronograma de registro de mediciones.....	83
Tabla 3.8 Detalle de equipos de medición de temperatura .....	84
Tabla 3.9 Detalle de equipos de medición de cantidad de agua .....	84
Tabla 4.1 Valores del registro de mediciones durante un periodo de 20 días y proyectados a valores mensuales .....	88
Tabla 4.2 Resultado del registro de mediciones de los sistemas de calentamiento .....	89
Tabla 4.3 Resultado del registro de mediciones del consumo del calefón a GLP .....	90
Tabla 4.4 Costo de inversión de cada sistema durante una vida útil con proyección a 20 años traídas a valores presentes .....	93
Tabla 4.5 Costo de mantenimiento mensual de cada sistema .....	95
Tabla 4.6 Costos anuales de operación y mantenimiento por sistema .....	96
Tabla 4.7 Costo de operación de los tipos de sistemas de calentamiento de ACS, representados anualmente .....	96
Tabla 4.8 Costos proyectados de cada sistema de calentamiento para una vida útil de 20 años .....	97
Tabla 4.9 Tipos de tecnologías para el calentamiento de ACS que utilizan los hogares del cantón Paute .....	98
Tabla 4.10 Cantidad en kg de GLP consumidos por los hogares del cantón Paute que tienen instalado el sistemas de calefón a gas.....	98
Tabla 4.11 Valor mensual por concepto de subsidio al GLP para el calentamiento de agua en el cantón paute.....	98
Tabla 4.12 Consumo y costo de kWh mensuales utilizados para el calentamiento de agua en una familia conformada por 4 personas .....	99
Tabla 4.13 Planilla de consumo de energía eléctrica .....	99
Tabla 4.14 Cargo tarifario mensual con el sistema de ducha eléctrica .....	100
Tabla 4.15 Cargo tarifario mensual con el sistema del calefón eléctrico .....	101
Tabla 4.16 Cargo tarifario mensual con el sistema de termotanque eléctrico .....	101
Tabla 4.17 Cargo tarifario mensual con el sistema solar – eléctrico .....	101
Tabla 4.18 Cargo tarifario mensual con el sistema de calefón a gas .....	102
Tabla 4.19 Resultados de la prueba de simultaneidad al calefón eléctrico ....	103
Tabla 4.20 Resultados de la prueba de simultaneidad al calefón eléctrico ....	103
Tabla 4.21 Resultado de las pruebas de simultaneidad del calefón a GLP ...	104



Tabla 4.22 Resultado de la prueba de simultaneidad del termotanque eléctrico.....	105
Tabla 4.23 Resultado de la prueba de simultaneidad del sistema solar – eléctrico.....	106
Tabla 4.24 Comparación energética entre los sistemas de calentamiento ....	108
Tabla 4.25 Consumo de energía eléctrica mensual del sistema modificado..	110
Tabla 4.26 Costos de los sistemas proyectados para una vida útil de 20 años .....	112



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Yo, Leonardo Javier Villalta Pacheco, autor de la tesis, "EVALUACIÓN ENERGÉTICA-ECONÓMICA EN EL USO DE CALENTADORES DE AGUA EN EL CANTÓN PAUTE", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicara afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 04 de Octubre de 2016

Leonardo Javier Villalta Pacheco

C.I. 0103473120



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Yo, Sergio Iván Buñay Yugsi, autor de la tesis, "EVALUACIÓN ENERGÉTICA-ECONÓMICA EN EL USO DE CALENTADORES DE AGUA EN EL CANTÓN PAUTE", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicara afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 04 de Octubre de 2016

Sergio Iván Buñay Yugsi

C.I. 0302458708



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Yo, Leonardo Javier Villalta Pacheco, autor de la tesis, "EVALUACIÓN ENERGÉTICA-ECONÓMICA EN EL USO DE CALENTADORES DE AGUA EN EL CANTÓN PAUTE", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 04 de Octubre de 2016

Leonardo Javier Villalta Pacheco

C.I. 0103473120



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Yo, Sergio Iván Buñay Yugsi, autor de la tesis, "EVALUACIÓN ENERGÉTICA-ECONÓMICA EN EL USO DE CALENTADORES DE AGUA EN EL CANTÓN PAUTE", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 04 de Octubre de 2016

Sergio Iván Buñay Yugsi

C.I. 0302458708



**Ing. Wilson Fernando Mogrovejo  
León, Msc.**

**CERTIFICA:**

Haber dirigido y revisado cada uno de los capítulos de la presente tesis, realizada por Leonardo Javier Villalta Pacheco y Sergio Iván Buñay Yugsi, y por cumplir sus requisitos, autorizo su presentación.

Cuenca, 04 de Octubre de 2016

---

Ing. Wilson Fernando Mogrovejo  
León, Msc.



## AGRADECIMIENTOS

Dejamos constancia de gratitud y agradecimiento al Ing. Wilson Fernando Mogrovejo León, por el constante respaldo y apoyo brindado para la realización de esta tesis.

También hacemos extensivo el agradecimiento a la familia Villalta Encalada, por facilitar su domicilio para realizar las pruebas planteadas para el desarrollo de este proyecto.





## DEDICATORIA

*A mi familia, que me ha apoyado en todo instante, ya que gracias a ellos he logrado mis objetivos.*

**Leonardo Javier Villalta P.**

*A toda mi familia, por su constante apoyo y a Dios por el don de la vida.*

**Sergio Iván Buñay Y.**



## GENERALIDADES

### INTRODUCCIÓN

El cambio de la matriz energética en el Ecuador plantea disminuir el uso del gas licuado de petróleo (GLP) aplicado a la cocción de alimentos y calentamiento de agua, la energía eléctrica a utilizarse se obtendrá de los proyectos hidroeléctricos en operación y en construcción, y de los proyectos eólicos y fotovoltaicos que aprovechan la energía primaria de fuentes renovables no convencionales.

Se considera que las tecnologías convencionales utilizadas en el calentamiento de agua para uso doméstico son: el calefón a gas y la ducha eléctrica, por lo que el estudio se preocupa de analizar las tecnologías existentes en el mercado local que aún no son muy utilizadas y que podrían sustituir a los calentadores que utilizan GLP.

Debido a las dificultades de realizar cálculos que permitan establecer el consumo de energía utilizada para el calentamiento de agua por la variedad de hábitos de uso de agua en los hogares, se propone realizar mediciones aplicadas a las diferentes tecnologías de calentamiento como son: calefón a GLP, calefón eléctrico, ducha eléctrica, termotanque eléctrico y sistema solar- eléctrico.

Los parámetros a medir son: temperatura ambiente, temperatura del agua, cantidad utilizada de agua caliente, energía utilizada para calentamiento del agua.

El estudio está enfocado al área urbana del cantón Paute, los datos obtenidos pretenden evaluar el consumo de la energía utilizada y el costo aplicado a cada una de las tecnologías en estudio, los resultados que se obtengan del estudio permitirán una comparación del costo-beneficio a fin de que el usuario pueda seleccionar la alternativa más conveniente que se ajuste a sus necesidades.

#### **Objetivos generales:**

- Analizar los sistemas de calentamiento de agua considerando los aspectos de consumo de energía y el costo-beneficio para los usuarios del cantón Paute.



### **Objetivos específicos:**

1. Seleccionar los calentadores de agua ofertados en el mercado local.
2. Analizar el consumo de energía para cada tipo de calentador de agua.
3. Comparar los datos técnicos de diseño con los datos obtenidos en mediciones.
4. Evaluar datos de mediciones.
5. Comparar las tecnologías.

### **JUSTIFICACIÓN**

Debido al cambio de la matriz energética en el Ecuador es necesario conocer la cantidad de consumo real de energía eléctrica que utilizan los calentadores de agua no convencionales y comparar su costo-beneficio con relación a los calentadores que utilizan GLP.

A través del levantamiento de datos se pretende aportar con la información acerca del consumo real de energía y el costo que genera cada una de las tecnologías empleadas para calentamiento de agua, así como, emitir resultados para un correcto y adecuado uso de la energía, lo que implica beneficios técnicos y económicos.



## 1 CAPITULO I: ANTECEDENTES.

### 1.1 Situación general.

El desarrollo tecnológico e industrial ha evolucionado el estilo de vida de la población, al punto de que a la energía eléctrica se le considera un servicio básico para las actividades cotidianas. En los hogares, comercios e industrias el consumo de energía eléctrica crece diariamente por lo que es necesario el ahorro y el uso eficiente de este recurso.

Las fuentes de energía primaria son esencialmente: los combustibles fósiles, la energía nuclear y las energías renovables, de donde se obtiene la energía necesaria para las principales actividades como transporte, procesos industriales, uso comercial y residencial.

En Ecuador las fuentes primarias principalmente son los combustibles fósiles, teniendo un avance importante el aporte de la hidroenergía en los últimos años. Actualmente se está promoviendo el uso de energías renovables no convencionales con el desarrollo de proyectos que aprovechan los recursos eólico, solar e hidráulico.

Sin embargo, la matriz energética del Ecuador sigue centrada en el uso de combustibles fósiles derivados del petróleo, la oferta de energía se ha incrementado de manera significativa desde el año 2000 hasta lo registrado en el año 2014, observar figura 1.1. Esto se debe a que la demanda de energía del país también ha presentado un crecimiento, las unidades se expresan en kBEP (miles de barriles equivalentes al petróleo).

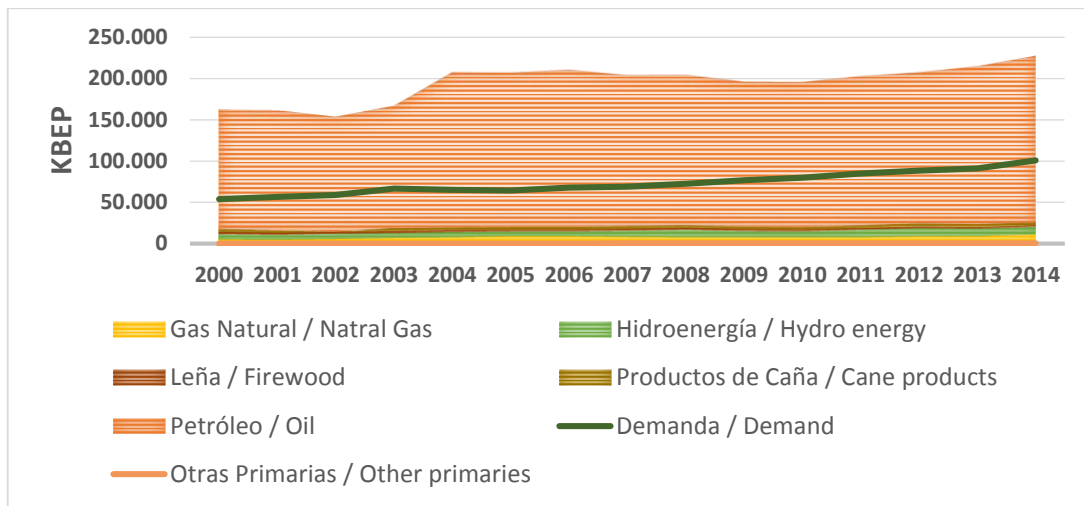


Figura 1.1 Oferta de la energía primaria por fuentes 2000 – 2014

Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, Balance Energético 2015

En los últimos años se ha incrementado el uso de energías renovables como una solución a la demanda energética, por el momento no es posible dejar de depender de las energías no renovables, especialmente en el transporte y la industria.

El consumo de energía de uso residencial es para satisfacer las necesidades de: climatización y producción de agua caliente sanitaria, iluminación, cocción de alimentos y uso de electrodomésticos.

El propósito de utilizar tecnologías más amigables con el medio ambiente, ha incentivado la investigación de métodos eficientes de calentamiento de agua, como los calentadores solares y los calentadores eléctricos, si bien la producción de energía eléctrica no garantiza dejar de utilizar combustibles fósiles, en el Ecuador se ha implementado un programa de construcción de centrales hidroeléctricas que aportarían a la producción nacional de energía eléctrica.

Para acelerar el cambio de matriz energética, se promueve minimizar la utilización de equipos que consumen gas licuado de petróleo (GLP), como lo establece la Ley de Incentivos a la Producción y Prevención del Fraude Fiscal en Ecuador, la que en los artículos 24 y 28 reforma los artículos 55 y 82 respectivamente a la Ley de Régimen Tributario Interno (LRTI), desde el año 2015 se aplica el alza del cien por ciento por impuesto de consumos especiales ICE a los productos que utilizan GLP total o parcialmente entre ellos cocinas,



calefones y sistemas de calentamiento de agua de uso doméstico<sup>1</sup>. También elimina el impuesto al valor agregado IVA en la compra de cocinas de uso doméstico eléctricas y las que funcionen exclusivamente mediante mecanismos eléctricos de inducción, incluyendo las que tengan horno eléctrico, las ollas de uso doméstico, diseñadas para su utilización en cocinas de inducción y los sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico incluyendo las duchas eléctricas<sup>2</sup>, la Ley Reformatoria para la Equidad Tributaria en el Ecuador elimina el impuesto a la salida de divisas ISD a la importación de estos productos<sup>3</sup>.

El objetivo del estudio propuesto es realizar la comparación de tecnologías de calentadores de agua ofertados en la localidad y obtener la evaluación energética – económica para que el usuario pueda decidir el sistema más conveniente que se adapte a sus necesidades, considerando las limitaciones de carga que establece la empresa comercializadora de energía eléctrica y la eliminación del subsidio al GLP.

## 1.2 Situación eléctrica del Ecuador

En Ecuador se establece la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) el 10 de Octubre de 1996, terminando las actividades del Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) responsable de todas las actividades del sector eléctrico como: generación, transmisión, distribución y comercialización, que operó desde Mayo de 1961 hasta el 31 de Marzo de 1999<sup>4</sup>.

Esta ley aplica el principio de libre mercado, con el afán de modernizar al sector con inversión privada que garantice calidad y continuidad del servicio eléctrico.

Al sector eléctrico se lo estructura de la siguiente manera:<sup>5</sup>

- a) El Concejo Nacional de Electricidad. CONELEC.
- b) El Centro Nacional de Control de la Energía. CENACE.
- c) Las empresas eléctricas concesionarias de generación.
- d) La empresa eléctrica concesionaria de transmisión. TRANSELECTRIC.
- e) Las empresas eléctricas concesionarias de distribución.

<sup>1</sup> Art. 28 de la Ley de Incentivos a la Producción y Prevención del Fraude Fiscal en Ecuador.

<sup>2</sup> Art. 24 de la Ley de Incentivos a la Producción y Prevención del Fraude Fiscal en Ecuador

<sup>3</sup> Art. 159 de la Ley Reformatoria para la Equidad Tributaria en el Ecuador. [www.sri.gob.ec/.../](http://www.sri.gob.ec/.../)

<sup>4</sup> Art. 68 de la ley de régimen del sector eléctrico.

<sup>5</sup> Art. 11 de la ley de régimen del sector eléctrico.



La Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, aprobada el 16 de Enero de 2015, sustituye al Concejo Nacional de Electricidad CONELEC por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL, y al Centro Nacional de Control de la Energía CENACE por el Operador Nacional de Electricidad CENACE.

En la actualidad el sector eléctrico se rige por la ley de Régimen del Sector Eléctrico promulgada en 1996 con sus posteriores reformas<sup>6</sup>, y la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.

La ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica asigna la responsabilidad del Estado de planificar, ejecutar, regular, controlar y administrar el servicio público de energía eléctrica<sup>7</sup>. El objetivo es prestar un servicio de calidad, confiabilidad y seguridad al consumidor final, protegiendo sus derechos, regulando la participación de los sectores público y privado en actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica que comprende: la generación, transmisión, distribución y comercialización, alumbrado público general, importación y exportación de energía eléctrica.

La estructura institucional se establece de la siguiente manera:<sup>8</sup>

1. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER;
2. Agencia de Regulación y Control de Electricidad, ARCONEL;
3. Operador Nacional de Electricidad, CENACE; y,
4. Institutos especializados.

La estructura empresarial se establece de la siguiente manera<sup>9</sup>:

- a) Empresas públicas;
- b) Empresas de economía mixta;
- c) Empresas privadas;
- d) Consorcios o asociaciones;
- e) Empresas de economía popular y solidaria.

---

<sup>6</sup> Reformas del 2 de Enero, 19 de Febrero, 30 de Septiembre de 1998, 13 de Marzo y 18 de Agosto de 2000, 26 de Septiembre de 2006, 30 de Julio de 2008.

<sup>7</sup> Art. 1 de la ley orgánica del servicio público de energía eléctrica.

<sup>8</sup> Art. 9 de la ley orgánica del servicio público de energía eléctrica.

<sup>9</sup> Art. 10 de la ley orgánica del servicio público de energía eléctrica.



El sector público mantiene el control por motivos estratégicos y económicos, las empresas públicas tienen prioridad en controlar y prestar los servicios necesarios desde: la generación aprovechando al máximo los recursos renovables, el despacho económico que minimice los costos de producción, la transmisión mejorando el Sistema Nacional Interconectado SIN, y la distribución que garantice a los usuarios un servicio de confiabilidad, continuidad, seguridad y a costo accesible.

El desarrollo del sector energético del Ecuador en la primera década del siglo XXI ha experimentado una fuerte dependencia de los combustibles fósiles basado la generación eléctrica en centrales térmicas y la generación hidroeléctrica.

Con el plan de cambio de matriz energética y productiva, en el año 2010 se establece la construcción de ocho proyectos hidroeléctricos denominados emblemáticos entre ellos: Coca Codo Sinclair, Sopladora, Minas-San Francisco, Delsitanisagua, Manduriacu, Mazar-Dudas, Toachi Pilatón y Quijos, que junto a las centrales hidroeléctricas existentes en operación, las eólicas, fotovoltaicas y de biomasa, tienen la finalidad de utilizar los recursos naturales renovables para reducir el consumo de combustibles fósiles, de esta manera se pretende un desarrollo energético sostenible, el detalle de estas centrales hidroeléctricas se observa en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1 Potencia, producción y presupuesto de las centrales hidroeléctricas emblemáticas.**

<b>PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS EMBLEMATICOS.</b>			
<b>Central</b>	<b>Potencia MW</b>	<b>Producción GWh/año</b>	<b>Presupuesto Millones de dólares</b>
<b>Manduriacu</b>	60	341	132,9
<b>Coca Codo Sinclair</b>	1500	8731	2245
<b>Sopladora</b>	487	2800	735,19
<b>Toachi Pilatón</b>	253	1120	528
<b>Quijos</b>	50	335	118,28
<b>Minas – San Francisco</b>	270	1290	508,8
<b>Mazar - Dudas</b>	20,82	125,27	51,2
<b>Delsitanisagua</b>	115	904	215

*Fuente: [www.celec.gob.ec/enernorte/images/PDF/Supleok.pdf](http://www.celec.gob.ec/enernorte/images/PDF/Supleok.pdf)*



Esto permite aumentar la capacidad de producción de energía hidroeléctrica instalada del país con lo que se pretende la transformación energética y productiva del Ecuador.

Dentro de los proyectos emblemáticos existen dos que ya están en funcionamiento desde el año 2015, ver tabla 1.2.

*Tabla 1.2 Proyectos de generación en operación desde el año 2015.*

PROYECTOS DE GENERACION EN OPERACIÓN	POTENCIA EN MW	INICIO DE OPERACIÓN
MANDURIACU	60 MW	ene-15
CENTRAL ALAZÁN - PROYECTO MAZAR DUDAS	6.23 MW	abr-15

*Fuente: MEER Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, redición de cuentas Diciembre 2015.*

La central hidroeléctrica Manduriacu, ubicada en la comunidad Cielo Verde del cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, con potencia de generación de 60MW es la primera central de las ocho en construcción en entrar en operación, inaugurada el 19 de Marzo de 2015, a un costo de construcción de 183,27 millones de dólares, ha aportado al Sistema Nacional Interconectado SIN 346,49 GWh, desde la entrada en operación hasta Junio de 2016<sup>10</sup>, la central se observa en la figura 1.2.



*Figura 1.2 Central Hidroeléctrica Manduriacu*

*Fuente: Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica. <http://www.andes.info.ec/>*

Mientras que la mayoría están todavía en la etapa de construcción pero presentan un gran avance en esta fase, ver tabla 1.3. A estos proyectos se

<sup>10</sup> <http://www.energia.gob.ec/manduriacu/>

sumarán los de generación eólica y fotovoltaica, en los que el MEER viene desarrollando estudios.

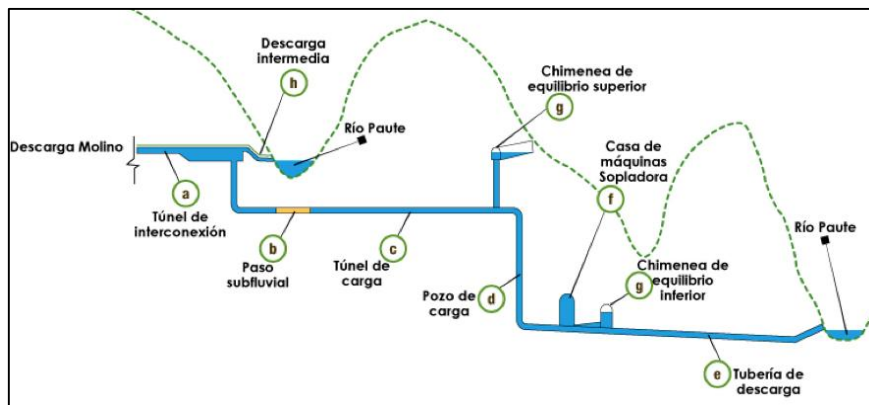
**Tabla 1.3 Avance de los proyectos de generación en construcción (año 2015)**

PROYECTOS DE GENERACIÓN EN CONSTRUCCIÓN	POTENCIA EN MW	AVANCE
COCA CODO SINCLAIR	1500 MW	95,10%
SOPLADORA	487 MW	95,70%
MINAS SAN FRANCISCO	275 MW	73,50%
TOACHI PILATÓN	254.4 MW	83,20%
DELSITANISAGUA	180 MW	54,70%
QUIJOS	50 MW	46,40%
MAZAR DUDAS	21 MW	82,02%

**Fuente: MEER Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, redición de cuentas Diciembre 2015.**

Cabe indicar que la central hidroeléctrica Sopladora con capacidad de generación de 487MW parte del proyecto Paute Integral o Complejo Hidroeléctrico del Río Paute, ubicada entre las provincias de Azuay y Morona Santiago, ha sido inaugurada el 25 de Agosto de 2016, con una inversión de 755 millones de dólares.

La central Sopladora recibe las aguas que pasaron por las turbinas de la central Molino, en conexión directa garantizando el ingreso de 150 m<sup>3</sup>/s., que abastece a 3 turbinas Francis de 165,24MW<sup>11</sup>, ver Fig. 1.3.



**Figura 1.3 Esquema general de obras de la Central Hidroeléctrica Sopladora.**

**Fuente: MEER. <http://www.energia.gob.ec/sopladora/>**

<sup>11</sup> MEER <http://www.energia.gob.ec/sopladora/>



Se anuncia también que en los próximos días, entraría en operación la central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair.

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable también trabaja en la gestión de estudios de nuevos proyectos con el fin de realizar la expansión del sistema eléctrico de mediano y largo plazo. Dentro de esta labor se cuenta ya con estudios culminados y otros que están todavía en ejecución<sup>12</sup>, se ha enfocado el estudio en más centrales hidroeléctricas, ver tabla 1.4, teniendo sus estudios finiquitados, y en estudios preliminares otras hidroeléctricas y una Geotérmica, tabla 1.5.

**Tabla 1.4 Estudios finalizados de proyectos para generación eléctrica**

TIPO DE ENERGÍA	PROYECTOS CON ESTUDIOS FINALIZADOS	PROVINCIA	ALCANCE	AVANCE	POTENCIA (MW)
Hidroeléctrica	Soldados Yanuncay	Azuay	Diseños definitivos	100%	22
	Tortugo	Límites Pichincha e Imbabura y Esmeraldas	Diseños definitivos	100%	200
	Chespi-Palma real	Límites Pichincha e Imbabura	Diseños definitivos	100%	460
	La Merced de Jondachi	Napo	Diseños definitivos	100%	23

**Fuente: MEER Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, rendición de cuentas Diciembre 2015.**

**Tabla 1.5 Estudios en ejecución de proyectos para generación eléctrica**

TIPO DE ENERGÍA	PROYECTOS EN ESTUDIOS	PROVINCIA	ALCANCE	AVANCE (%)	POTENCIA (MW)
Hidroeléctrica	Zamora - Santiago	Morona Santiago	Santiago: Factibilidad y Diseño definitivo	100	Aprovechamiento del Río Santiago aproximadamente 3600 MW
			Zamora: Pre factibilidad	90	
Geotérmica	Tufiño	Límites Carchi (Ecuador) y Tufiño (Colombia)	Pre factibilidad Inicial	54,05	40

**Fuente: MEER Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, rendición de cuentas Diciembre 2015.**

El desarrollo del sector deberá garantizar el abastecimiento energético interno con posibilidad de exportar los excedentes a países vecinos, para lo que es necesario obras complementarias como la creación de subestaciones y el

<sup>12</sup> MEER Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, rendición de cuentas diciembre de 2015

fortalecimiento del Sistema Nacional Interconectado para la transmisión, repotenciación de redes y transformadores de distribución, con la finalidad de reducir la generación termoeléctrica y garantizar la producción con energías primarias renovables, que provea la demanda actual y proyectada de energía eléctrica.

La primera subestación en construcción a 500 kV es la denominada El Inga 500/230/138 kV, ubicada al suroriente de Quito, es parte del proyecto denominado Sistema de transmisión de 500kV, conformado por subestaciones de 230 kV y 500 kV, con capacidad instalada de 4067 MVA y líneas de transmisión de 230 kV y 500 kV con extensión de 898 km, la subestación el Inga, evacuará la energía producida por las centrales hidroeléctricas Coca Codo Sinclair y Sopladora<sup>13</sup>, observar figura 1.4.

La línea de transmisión de 500 kV denominada línea de extra alta tensión y redes asociadas de 500 kV y 230 kV que permitirá vincular las centrales con los principales centros de carga del país conjuntamente con los proyectos de generación están también en su etapa de construcción que presentan un avance que se detalla en la tabla 1.6.



**Figura 1.4 Subestación eléctrica de 500kV El Inga, para procesar la energía eléctrica generada por las centrales Coca Codo Sinclair y Sopladora.**

**Fuente:** Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica. <http://www.andes.info.ec/>

<sup>13</sup> [www.energia.gob.ec](http://www.energia.gob.ec) > Comunicamos > Noticias



Tabla 1.6 Avance de los proyectos de transmisión y sub – transmisión de energía eléctrica.

PRINCIPALES PROYECTOS	AVANCE
SISTEMA DE TRANSMISIÓN SAN RAFAEL(CCS)-JIVINO-SHUSHUFINDI, 230 kV	85,94%
SISTEMA DE TRANSMISIÓN EL INGA(QUITO)-SAN RAFAEL-CC SINCLAIR, 500 kV	74,66%
SISTEMA DE TRANSMISIÓN SOPLADORA-TADAY-TAURA, 230 kV	91,72%
SISTEMA DE TRANSMISIÓN EL INGA (QUITO) - TISALEO - CHORRILLOS	48,14%
SISTEMA DE TRANSMISIÓN LOJA - CUMBARATZA, 138 kV	91,83%
SISTEMA DE TRANSMISIÓN MILAGRO-LAS ESCLUSAS, 230 kV	96,83%
SISTEMA DE TRANSMISIÓN SANTA ROSA - EL INGA - POMASQUI, 230 kV	98,79%

Fuente: MEER Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, redición de cuentas Diciembre 2015.

La distribución de las líneas de transmisión y sub - transmisión del sistema nacional interconectado (S.N.I) previstas para el año 2016<sup>14</sup> se observa en la figura 1.5.

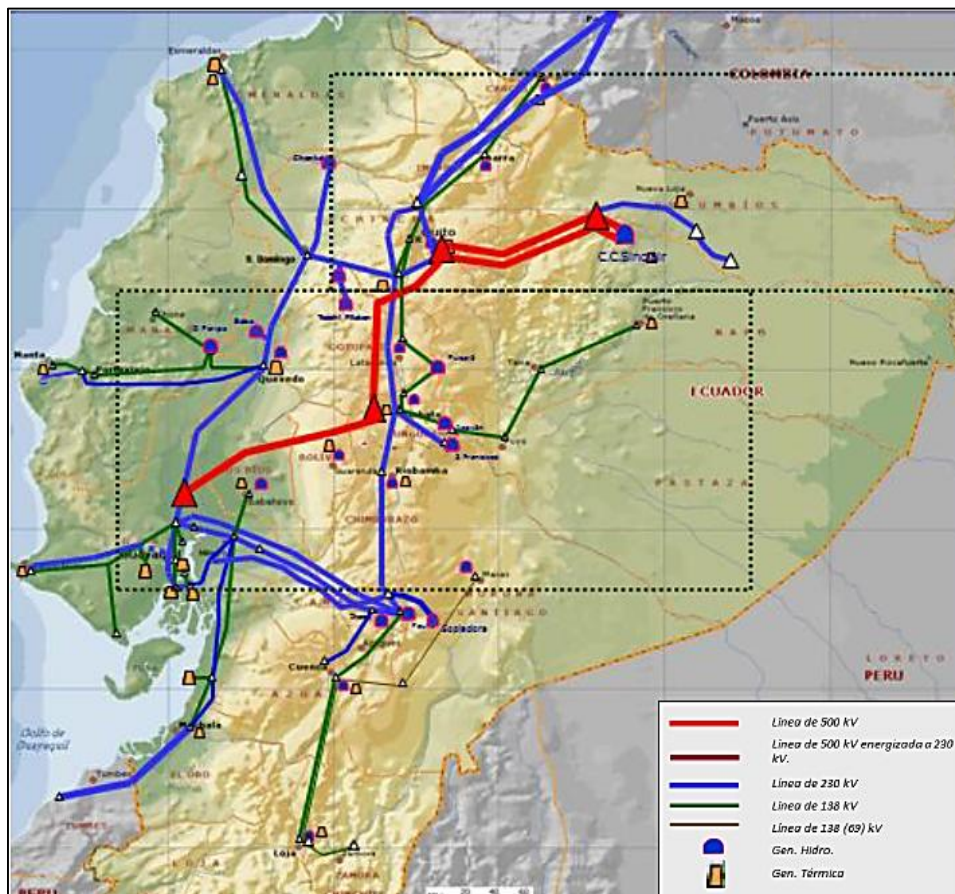


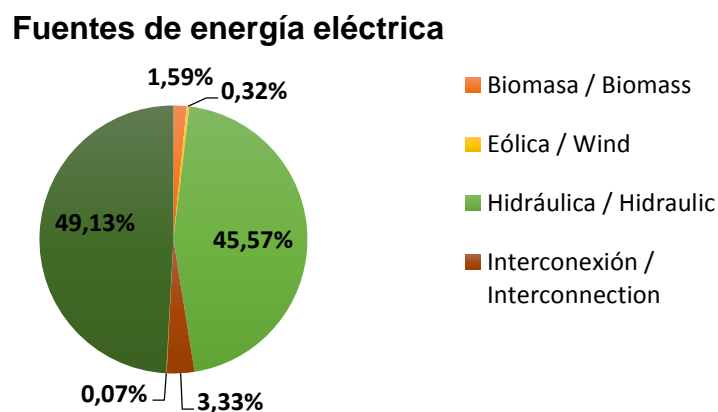
Figura 1.5 Sistema Nacional Interconectado, mapa eléctrico de 500kV.

Fuente: CELEC EP [www.celec.gob.ec](http://www.celec.gob.ec) ; MEER Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, redición de cuentas Diciembre 2015.

<sup>14</sup> CELEC EP TRANSELECTRIC [www.celec.gob.ec/transelectric](http://www.celec.gob.ec/transelectric)

La matriz energética del país deberá completarse con la inserción paulatina del manejo de otros recursos renovables: energía solar, geotérmica, de biomasa y mareomotriz, estableciendo la generación de energía eléctrica de fuentes renovables como las principales alternativas sostenibles a largo plazo<sup>15</sup>.

El cambio de la matriz energética tendrá efecto cuando hayan culminado todos los proyectos en construcción tanto de generación como de transmisión y sub-transmisión, por lo tanto las centrales termoeléctricas son las que siguen predominando la generación eléctrica con un 49,13% de la producción nacional seguido por la generación hidroeléctrica que ha tenido un crecimiento importante en los últimos años con un 45,57%<sup>16</sup> esto se puede observar en la figura 1.6.



**Figura 1.6 Estructura de generación eléctrica 2015**

**Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, Balance Energético 2015.**

### 1.2.1 Demanda eléctrica en el sector residencial.

Demanda de energía eléctrica, es la carga requerida promediada sobre un intervalo específico de tiempo y se mide en kilovatio (kW).

Consumo de energía eléctrica, es la cantidad de energía que un abonado utiliza en un periodo determinado de tiempo y se mide en kilovatio-hora (kWh).

En general si existe mayor cantidad de artefactos eléctricos consumiendo energía simultáneamente, mayor es el consumo.

En la tabla 1.7 se observa la estructura del consumo de electricidad por sector en donde se aprecia que en el año 2014 el mayor consumo está en el sector

<sup>15</sup> Agenda sectorial, emitida por el Ministerio de Electricidad y Energía renovable, octubre 2011.

<sup>16</sup> Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, Balance energético 2015

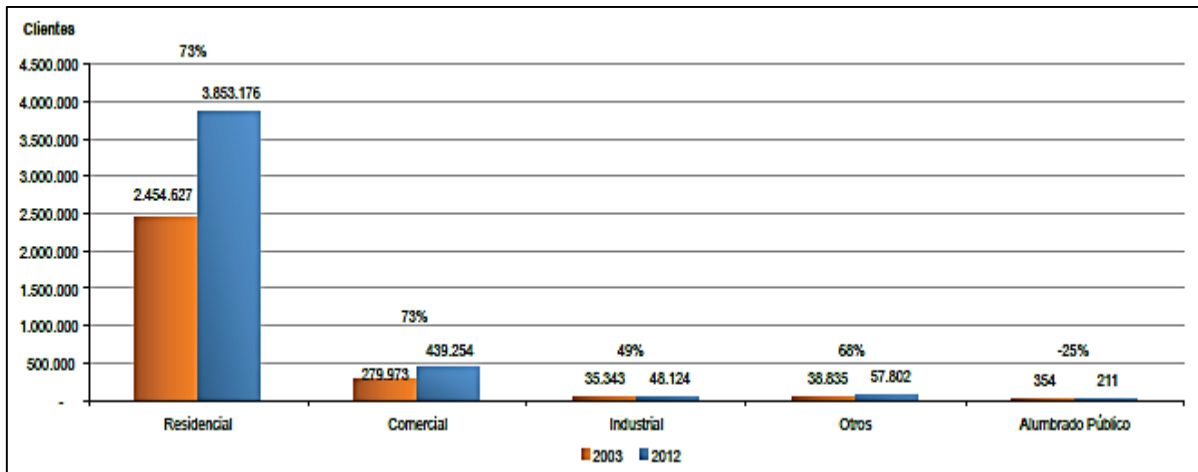
industrial con 39,6% seguido por el sector residencial con 29,6% del consumo total de energía eléctrica en el Ecuador.

**Tabla 1.7 Evolución del consumo de energía eléctrica por sector desde 2004 hasta 2014**

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Transporte <i>Transportation</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,05
Industria <i>Industry</i>	35,0	35,5	38,4	40,9	39,5	41,2	42,4	42,5	42,7	40,9	39,6
Residencial <i>Residential</i>	31,7	30,8	28,9	27,8	28,7	30,3	30,5	29,4	28,9	28,8	29,6
Comercial, Ser. pub <i>Commercial, Pub. ser</i>	24,7	25,6	24,7	23,0	21,7	21,6	20,7	21,1	21,1	21,7	22,3
Construcción,otr. <i>Construction, Others</i>	8,5	8,0	7,9	8,3	10,0	6,8	6,3	6,9	7,2	8,5	8,4
Consumo Energético <i>Energy Consumption</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Fuente:** [www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Balance-Energetico-Nacional-2015-parte-2.pdf](http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Balance-Energetico-Nacional-2015-parte-2.pdf)

El sector residencial representa un alto consumo de energía eléctrica del país, debido al avance tecnológico se han ido incrementado nuevas cargas dentro de los hogares para mejorar el estilo de vida de la población, a esto se suma los nuevos usuarios, por lo que los índices de crecimiento en la demanda de energía del S.N.I. en la última década en el sector residencial presentan un crecimiento de un 73%<sup>17</sup> figura 1.7.



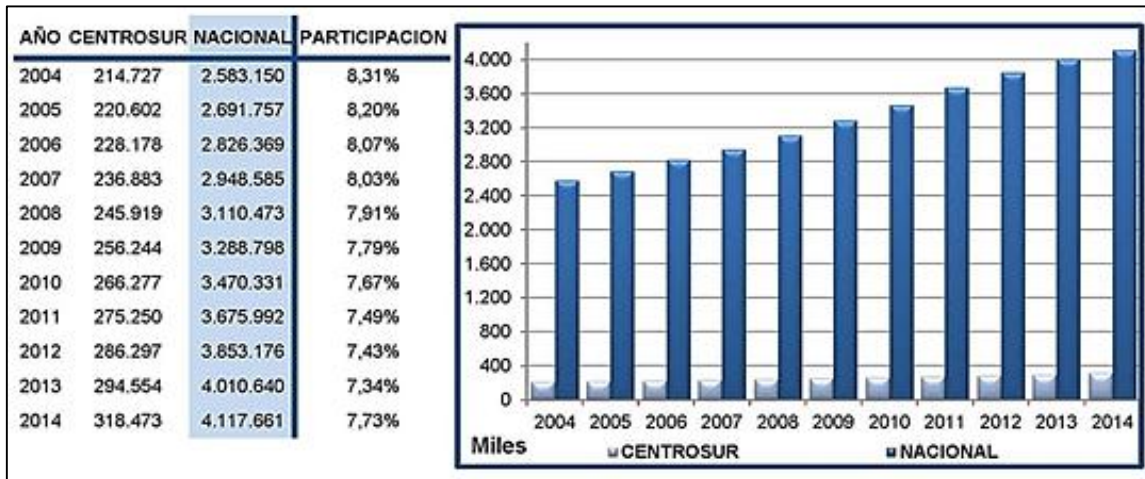
**Figura 1.7 Evolución decenal de clientes por grupo de consumo**

**Fuente:** PME, Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022.

Debido al crecimiento poblacional, el número de clientes en el sector residencial se han incrementado notablemente, en la (figura 1.8) se puede observar el

<sup>17</sup> Plan Maestro De Electrificación 2013 - 2022

aumento de clientes residenciales a nivel nacional desde el año 2004 hasta datos actualizados del 2014, también se presenta el crecimiento de los clientes residenciales de la empresa distribuidora y de comercialización de energía eléctrica Centrosur.



**Figura 1.8 Cantidad de clientes residenciales a nivel nacional**

**Fuente: CONELEC, Estadística del sector eléctrico ecuatoriano 2014.**

Actualmente con el cambio de matriz energética y los programas que impulsa el gobierno como la implementación de cocinas de inducción y el uso de calentadores de agua eléctricos en los hogares ecuatorianos está provocando que la demanda eléctrica en el sector residencial se incremente de manera significativa.

En la figura 1.9 se observa el valor de facturación en GWh anuales en el sector residencial, ahora con la posibilidad de la eliminación del subsidio al GLP el sector residencial podría optar por el uso de la energía eléctrica ocasionando un mayor consumo, siendo necesario un estudio del uso eficiente de la energía eléctrica dentro de los hogares, enfocado directamente a la energía consumida por los sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico.



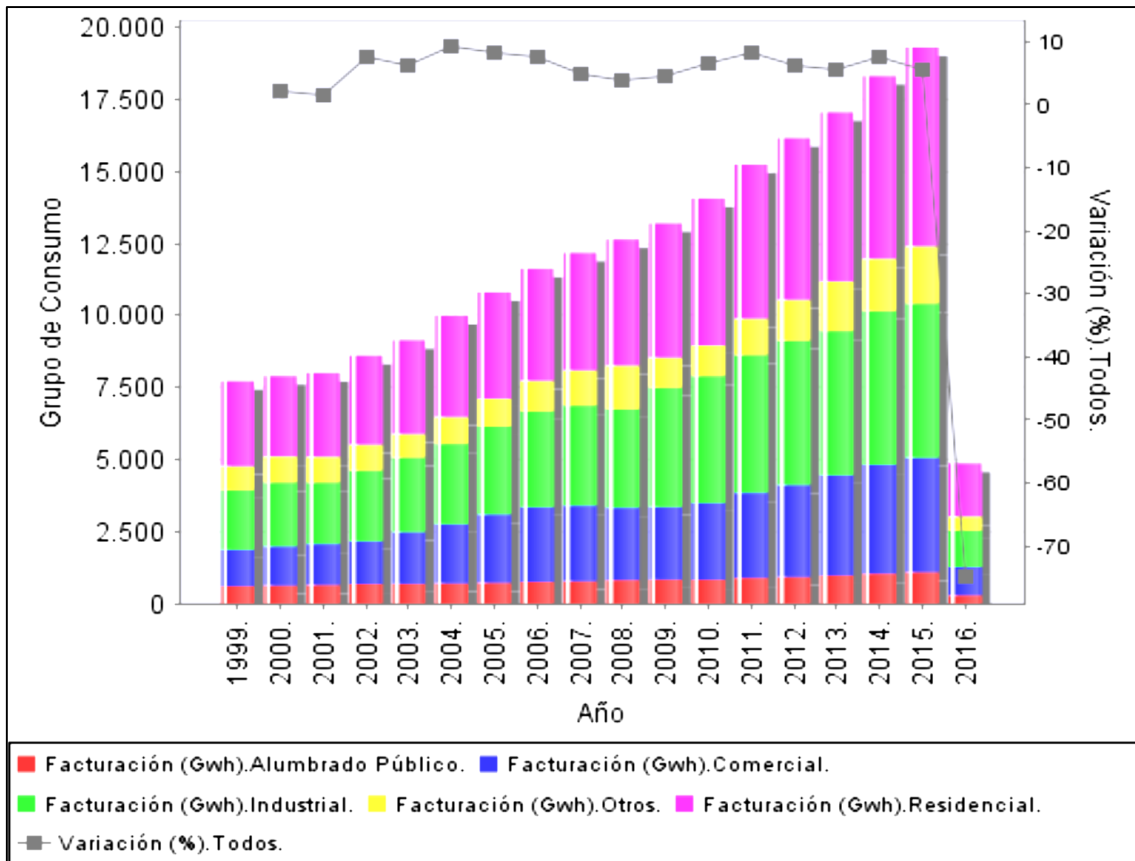


Figura 1.9 Demanda anual de energía eléctrica a nivel nacional por grupo de consumo (GWh)

Fuente: Agencia de Regulación y Control de Electricidad, ARCONEL.

### 1.2.2 Regulación ARCONEL 001/015

La Regulación N°- Arconel 001/015, denominada **Punto de entrega y condiciones técnicas y financieras para la prestación del servicio público de energía eléctrica a consumidores del servicio eléctrico**, determina los niveles de voltaje como:<sup>18</sup>

- Bajo voltaje: inferior a 0.6 kV.
- Medio voltaje: entre 0.6 y 40 kV.
- Alto voltaje: mayor a 40 kV.

En su artículo 5 referente al voltaje para atender un nuevo servicio, establece que los consumidores con cargas declaradas iguales o inferiores a 10kW serán atendidos en bajo voltaje<sup>19</sup>, mientras que los consumidores con cargas

<sup>18</sup> Artículo 3.5 de la regulación N.- Arconel 001/015

<sup>19</sup> Artículo 5.1 de la regulación N.- Arconel 001/015



declaradas mayores a 10kW serán atendidos en medio o alto voltaje<sup>20</sup>. (ARCONEL, 2015).

### 1.2.3 Programa PEC

Es el Programa de Eficiencia Energética para la Cocción por inducción y el calentamiento de agua sanitaria ACS con electricidad en sustitución del GLP en el sector residencial, cuya ejecución y lineamientos se encuentran a cargo del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (ARCONEL, 2015)

### 1.2.4 Tarifas por consumo eléctrico

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL, a través de las resoluciones 049/15 y 099/15 expedidas el 29 de Julio de 2015 y 31 de Diciembre de 2015 respectivamente, fijan los pliegos tarifarios para el Servicio Público de energía eléctrica para el periodo Enero – Diciembre 2016

Las tarifas están destinadas a toda persona natural o jurídica que se beneficia con el servicio público de energía eléctrica, bien como propietario del inmueble o como receptor directo del servicio, la correcta aplicación de estas tarifas estará a cargo de los distribuidores en su zona de concesión.

En la factura de servicio de energía eléctrica, se incluirá única y exclusivamente los rubros correspondientes a los servicios que presta la empresa eléctrica.<sup>21</sup>

Por lo que el valor correspondiente es la sumatoria de consumo de energía, demanda de potencia, pérdidas en transformadores, comercialización y penalización por bajo factor de potencia. (ARCONEL, 2015)

#### 1.2.4.1 Tarifa residencial

Entre las tarifas de baja tensión se encuentra la tarifa Residencial, que se aplica a los consumidores residenciales independientemente del tamaño de carga conectada, si es atendido a través de un transformador de su propiedad con registro de lectura en baja tensión, se considera un recargo por pérdidas de transformación equivalente al 2% en el monto total de energía consumida.

<sup>20</sup> Artículo 5.2 de la regulación N.- Arconel 001/015

<sup>21</sup> Artículo 60 de la ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica.



El consumidor deberá pagar:

- a) Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- b) Cargos crecientes por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida.

#### **1.2.4.2 Tarifa Residencial para el programa PEC.**

Se aplica de acuerdo al incremento de consumo de energía eléctrica mensual de cada abonado, que se denomina consumo incremental a los consumidores residenciales que se registren en el programa PEC, para lo cual se considera los siguientes límites.

1. Cocción eléctrica: Un consumo incremental de hasta 80kWh – mes.
2. Calentamiento de agua sanitaria que usen sistemas eléctricos: Un consumo incremental de hasta 20kWh – mes.

El consumo incremental lo establece la distribuidora considerando un consumo base resultante del análisis estadístico del historial de consumo de energía eléctrica de los últimos 12 meses del abonado, previo a su registro en el programa PEC.

Los cargos tarifarios que rigen durante el año 2016, establecidos para las empresas distribuidoras AMBATO – AZOGUES – CNEL BOLIVAR – CENTROSUR – COTOPAXI – NORTE – RIOBAMBA – SUR, se detallan en la tabla 1.8.



Tabla 1.8 Cargos tarifarios únicos periodo Enero – Diciembre 2016

RANGO DE CONSUMO	ENERGIA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/consumidor)
CATEGORIA	RESIDENCIAL	
NIVEL DE TENSIÓN	BAJA Y MEDIA TENSIÓN	
0 - 50	0,091	1,414
51 - 100	0,093	
101 - 150	0,095	
151 - 200	0,097	
201 - 250	0,099	
251 - 300	0,101	
301 - 350	0,103	
351 - 500	0,105	
501 - 700	0,1285	
701 - 1000	0,145	
1001 - 1500	0,1709	
1501 - 2500	0,2752	
2501 - 3500	0,436	
Superior	0,6812	

Fuente: Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL, Resolución Nro. 099/15.

### 1.3 Demanda de GLP en el sector residencial

En el sector residencial ecuatoriano el gas licuado de petróleo se ha convertido en la fuente de energía de mayor consumo, destinado a varios usos como para cocción de alimentos, calentamiento de agua de uso sanitario y calefacción.

En el balance energético nacional 2015, el consumo de GLP por sectores corresponde 83% al sector residencial, seguido por un 9% para la industria, y el 5% en el sector comercial y servicio público<sup>22</sup>, figura 1.10.

<sup>22</sup> Balance Energético Nacional 2015. [www.sectoresestrategicos.gob.ec/](http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/)

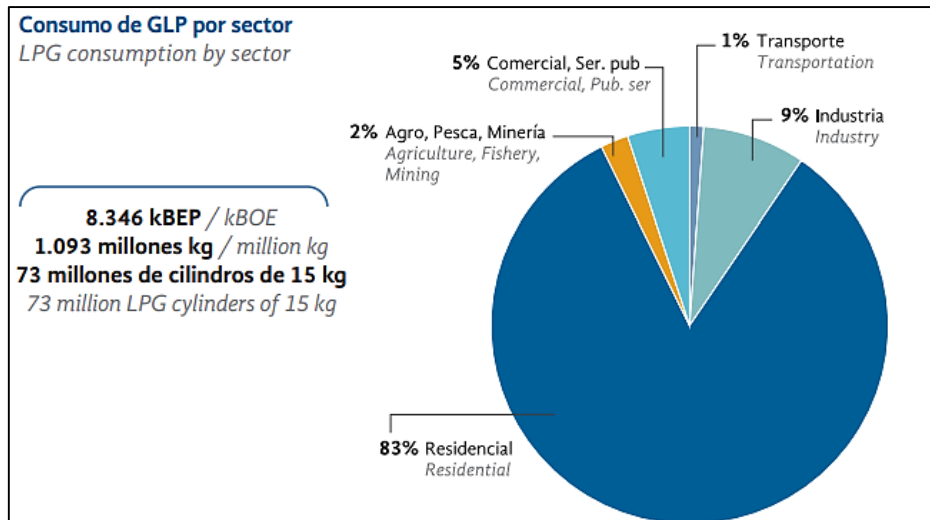


Figura 1.10 Consumo de GLP por sector.

Fuente: Balance Energético Nacional 2015. [www.sectoresestrategicos.gob.ec/](http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/)

Además en el consumo de tipo de energía del sector residencial predomina el consumo de GLP con el 53%, seguido de la energía eléctrica en un 33% y la leña 14%<sup>23</sup>, figura 1.11.

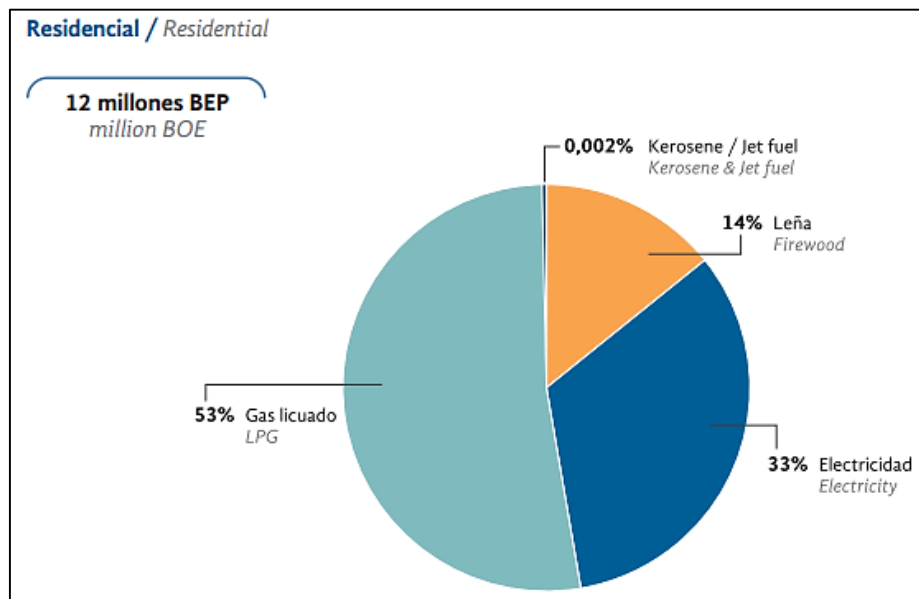


Figura 1.11 Consumo energético en el sector residencial.

Fuente: Balance Energético Nacional 2015. [www.sectoresestrategicos.gob.ec/](http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/)

La evolución de consumo de energía en el sector residencial considerando la fuente, durante 10 años se presenta en la tabla 1.9, y se observa la variación en porcentaje (2014/2013) es de 8,2% en el sector eléctrico y de 3,4% para el GLP.

<sup>23</sup> Balance Energético Nacional 2015. [www.sectoresestrategicos.gob.ec/](http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/)

**Tabla 1.9 Evolución de consumo de energía desde 2004 hasta 2014**

	Unidad Unit	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Var.(%) 2014/2013
Gas Natural Natural Gas	MMcf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-
Leña Firewood	kt	924	908	879	866	833	790	753	737	694	661	652	-1,4
Electricidad Electricity	GWh	3.516	3.702	3.896	4.095	4.385	4.672	5.114	5.351	5.629	5.881	6.364	8,2
Gas Licuado LPG	miles kg. thousand kg.	570.697	594.519	618.531	642.908	667.970	693.793	717.543	744.468	770.225	796.524	823.360	3,4
Kerosene / Jet Fuel Kerosene / JetFuel	miles gal thousand gall	371	263	188	135	98	71	53	32	22	16	12	-22,2

\*El consumo de GLP se estimó a través de la encuesta de ingresos y gastos de hogares urbanos y rurales ENIGHUR  
 \*LPG consumption was estimated based on the survey of ENIGHUR

**Fuente:** [www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Balance-Energetico-Nacional-2015-parte-2.pdf](http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Balance-Energetico-Nacional-2015-parte-2.pdf)

### 1.3.1 Subsidio al GLP

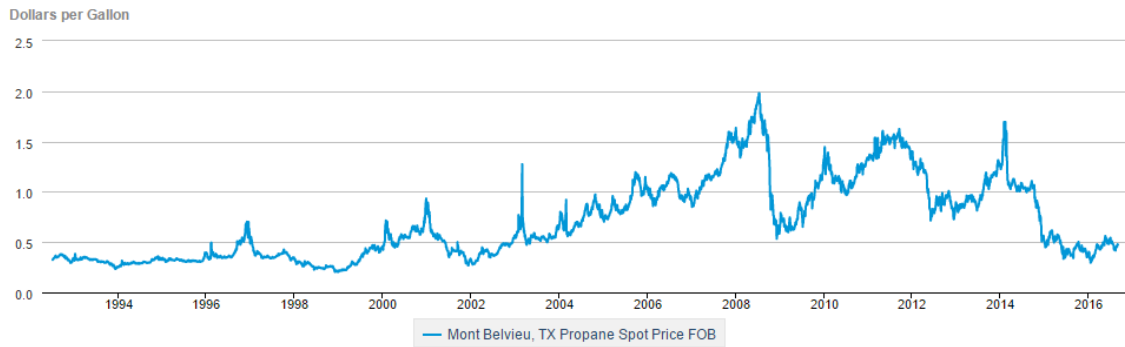
El propósito del subsidio de combustibles en Ecuador es mejorar el estilo de vida de las clases vulnerables, pero en realidad al ser un subsidio generalizado, al GLP subsidiado se le da un uso inadecuado para calentamiento de piscinas, calefacción, avícolas, restaurantes, y contrabando a países vecinos donde el costo es alto.

El precio internacional del GLP se basa en el mercado de Mont Belvieu (MB), que es la referencia internacional de los E.U.A. hacia el resto del mundo, conocida como United States Golf Coast (USGC). Es el mayor mercado mundial y región de influencia para varias regiones que incluye a América Latina, por representar su costo de oportunidad comercial.<sup>24</sup>

La figura 1.12 muestra la variación del precio del GLP en el mercado de Mont Belvieu, y se observa su máximo pico en Julio de 2008 (1,929 \$/galón), el 18 de Enero de 2016 se registró un valor bajo de 0,296 \$/galón, y el último dato registrado corresponde al 29 de Agosto de 2016 a un precio de 0,475 \$/galón.

<sup>24</sup> <http://www.gas.pemex.com/>

Mont Belvieu, TX Propane Spot Price FOB



**Figura 1.12 Registro del costo de GLP en dólar/galón de acuerdo al mercado referente Mont Belvieu.**

**Fuente:** [https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=EER\\_EPLLPA\\_PF4\\_Y44MB\\_DPG&f=D](https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=EER_EPLLPA_PF4_Y44MB_DPG&f=D) consultado el 07/09/2016.

Cada país en América del Sur, tiene sus propias regulaciones para fijar el precio de GLP.

En el Perú donde se presume que se introduce por contrabando el GLP subsidiado ecuatoriano, el precio se determina por la oferta y demanda, sin embargo para evitar que los precios internacionales del crudo afecten al consumidor final en 2004, se creó el Fondo para la estabilización de precios de combustibles derivados del petróleo, al que el GLP fue agregado en Abril de 2007, mediante el decreto 011-2007 que declaró en emergencia el mercado de GLP<sup>25</sup>.

Es grande la diferencia del costo de GLP en el Ecuador con los países vecinos, ver figura 1.13, ya que es uno de los países que tiene el valor de subsidio más alto en América del sur.

<sup>25</sup> [glp.perueventos.org/10-glp/44-el-mercado-de-glp-en-el-peru](http://glp.perueventos.org/10-glp/44-el-mercado-de-glp-en-el-peru). Consulta: 25/07/2016.

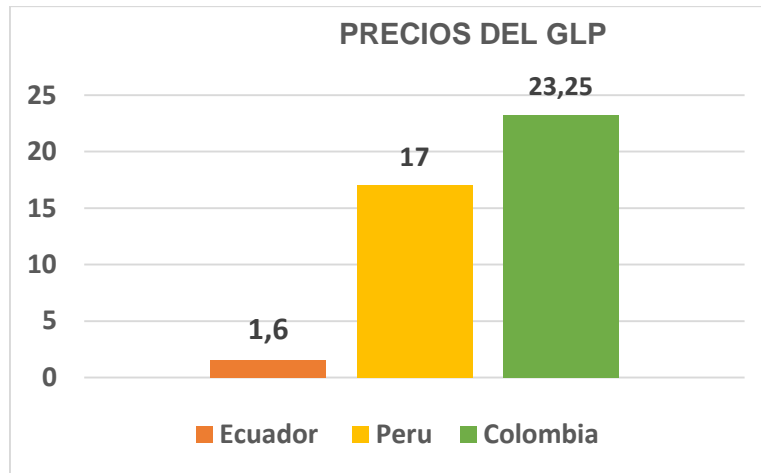


Figura 1.13 Diferencial de precios GLP doméstico en países vecinos

Fuente: Matriz y Agencias Regionales de Hidrocarburos Norte y El Oro.

Al ser el GLP en su mayoría importado, el gasto público ocasionado en los subsidios no focalizados es alto y se ha desviado el beneficio a sectores distintos a los grupos más vulnerables, el costo lo asume toda la sociedad.

La producción nacional de GLP no abastece la gran demanda nacional lo que hace necesario la importación del 83% de su consumo, ver figura 1.13, ocasionando un elevado gasto público al estado ecuatoriano.

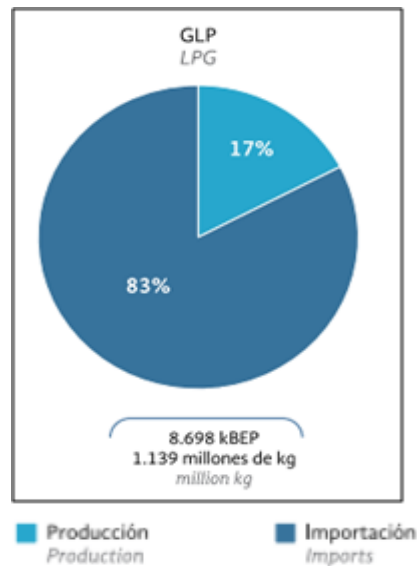


Figura 1.14 Comparación de producción e importación de GLP

Fuente: Balance Energético Nacional 2015. [www.sectoresestrategicos.gob.ec](http://www.sectoresestrategicos.gob.ec)





La baja de precios del petróleo, es proporcional al costo de sus derivados por lo que se ha producido una reducción del subsidio al gas, por parte del estado ecuatoriano manteniéndose el precio de 1,60 USD por cilindro de 15kg<sup>26</sup>.

Se analiza la variación del costo durante el año 2014, en Febrero se importaba a 15,00 USD, en Noviembre en 9,19 USD y en Diciembre en 7,81 USD.

#### 1.4 Uso de agua caliente sanitaria

El agua caliente sanitaria (ACS) se utiliza para satisfacer las necesidades de uso doméstico, ya sea por confort, salud o costumbre en duchas, lavado de vajillas, lavadora, lavamanos, etc., en muchos países está considerado como un servicio básico y obligatorio en las viviendas.

Para disponer de ACS dentro del hogar, se utilizan diferentes sistemas de calentamiento, se distinguen principalmente dos grandes grupos: sistemas de calentamiento instantáneo y sistemas de calentamiento con acumulación. El rango de temperatura de utilización del agua en el punto de consumo es de 37°C a 45°C, y la temperatura de almacenamiento debe ser por lo menos a 60°C<sup>27</sup> de esta manera evitar la proliferación de la legionella, una bacteria que se reproduce en el agua caliente almacenada<sup>28</sup>.

Para evitar la legionelosis, una enfermedad causada por la legionella, es necesario que el agua no permanezca almacenada en el tanque acumulador por periodos largos. El primer brote confirmado ocurrió en un hotel de Pensilvania (Estados Unidos) en 1976.

En Ecuador debido a las estadísticas de casos de enfermedades crónicas como las principales causas de muerte general en el país, entre ellas la influenza y neumonía de 20,09 por cien mil habitantes con 3067 casos en 2010 y 4,92% sobre el total de las causas<sup>29</sup>, al considerarse la legionelosis una causa importante pero poco común de neumonía adquirida en la comunidad con riesgo para la vida, se recomienda estudios que definan el estado de la enfermedad en

<sup>26</sup>Publicación de diario el Universo del 19 de Febrero de 2015,

<http://www.eluniverso.com/noticias/2015/02/19/nota/4567381/se-reduce-subsidio-gas-baja-precios>

<sup>27</sup>Guía técnica de ACS. Por el IDAE.

<sup>28</sup> REAL DECRETO 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis

<sup>29</sup> Plan Nacional para el buen vivir 2013-2017.



América del Sur y especialmente en Ecuador, como contribución a la reducción de tasa de mortalidad por neumonía en el país<sup>30</sup>.

La demanda de agua caliente sanitaria ACS es variada dependiendo de los sectores de consumo, observar tabla 1.10, el estudio se enfoca en las viviendas unifamiliares.

Tabla 1.10 Demanda de agua caliente

<b>Criterio de demanda</b>	<b>Litros ACS/día a 60°C</b>	
<b>viviendas unifamiliares</b>	30	por persona
<b>viviendas multifamiliares</b>	22	por persona
<b>Hospitales y clínicas</b>	55	por cama
<b>Hotel</b>	70	por cama
<b>Hostal</b>	40	por cama
<b>Camping</b>	40	por emplazamiento
<b>Hostal/Pensión</b>	35	por cama
<b>Residencias (ancianos, estudiantes, etc.)</b>	55	por cama
<b>Vestuarios/Duchas colectivas</b>	15	por servicio
<b>Escuelas</b>	3	por alumno
<b>Cuarteles</b>	20	por persona
<b>Fábricas y talleres</b>	15	por persona
<b>Administrativos</b>	3	por persona
<b>Gimnasios</b>	20 a 25	por usuario
<b>Lavanderías</b>	3 a 5	por kilo de ropa
<b>Restaurantes</b>	5 a 10	por comida
<b>Cafeterías</b>	1	por almuerzo

Fuente: Sección HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, <https://www.terra.org/data/cteseccionhe4.pdf>

En Ecuador, de manera especial en la región sierra surge la necesidad de calentar el agua para las diferentes actividades dentro del hogar, para ello se emplean los sistemas de calentamiento que cumplen la función de elevar la temperatura del agua, hasta alcanzar la temperatura requerida que brinde confort y satisfaga los hábitos de consumo que acostumbra cada persona. La temperatura considerada adecuada varía de acuerdo al uso, así para la ducha

<sup>30</sup> Revista Salud Uninorte, vol.31, núm. 2 mayo-agosto, 2015, pp. 385-393



es recomendable entre 38 y 41°C<sup>31</sup>, para la cocina se necesita una temperatura superior y se establece en 60°C.

En Latinoamérica el promedio de consumo de agua por habitante es de 169 litros/día, de acuerdo a los registros de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En Ecuador la ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamientos del agua, establece que se requiere un promedio de 200 litros de agua por habitante/día<sup>32</sup> para poder abastecer las necesidades de consumo, de aseo y otros, considerando dentro de esta cantidad el agua fría y caliente requerida.

---

<sup>31</sup> Revista Salud180, El estilo de vida saludable

<sup>32</sup> Diario el comercio, <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/noviembre-14-del-2015/ecuador-consumemas-agua-en-la-region>



## **2 CAPÍTULO II: TECNOLOGÍAS PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA.**

### **2.1 Clasificación de los sistemas de calentamiento de agua**

Existen diversas alternativas tecnológicas para el calentamiento de agua para uso doméstico, la energía necesaria se obtiene principalmente de fuentes como: GLP, energía eléctrica, energía solar.

Según las encuestas realizadas para el desarrollo de este proyecto, en la zona de estudio los sistemas de calentamiento de agua más utilizados son la ducha eléctrica y los calefones a GLP.

Los calentadores de agua para uso doméstico se clasifican en:

#### **2.1.1 Calentadores de paso o instantáneos**

El calentamiento de agua a la temperatura requerida, se realiza de manera instantánea en el momento que se necesita del servicio, estos sistemas no poseen tanque de almacenamiento, por lo general encienden al momento que circula agua por sus conductos, mediante un dispositivo hidráulico que acciona un switch eléctrico, este activa un quemador a gas o una resistencia eléctrica. Entre ellos se encuentran el calefón a GLP, la ducha eléctrica y el calentador eléctrico instantáneo.

#### **2.1.2 Calentadores acumuladores**

El calentamiento del agua es de forma progresiva, dependiendo del tiempo de accionamiento del dispositivo de calentamiento, y la cantidad de agua a calentar, estos acumulan el agua caliente en un tanque de reserva para ser utilizada al momento que se requiera. Entre ellos están el termotanque a GLP, termotanque eléctrico, el sistema solar - eléctrico, el calentador solar por efecto termosifón o por circulación forzada.

### **2.2 Tecnologías convencionales.**

En la localidad las tecnologías convencionales utilizadas para el calentamiento de agua para uso doméstico son el calefón a GLP y la ducha eléctrica.

#### **2.2.1 Calefón a GLP**

El calefón a gas licuado de petróleo GLP, es un tipo de calentador instantáneo de funcionamiento continuo, diseñado para producir agua caliente para uso



sanitario, el funcionamiento se basa en la circulación de agua en una serpentina calentada por una serie de quemadores controlados<sup>33</sup>.

Los sistemas de encendido pueden ser:

Piezo eléctrico.- es de tipo convencional, funciona al presionar dos botones que inician la chispa.

Ionizado.- el sistema de encendido es automático que se produce al abrir la llave de agua caliente, para su funcionamiento requiere pilas.

Hydropower plus.- encendido automático, en lugar de pilas al circular agua una microturbina enciende la chispa.

En Ecuador se oferta limitadas marcas principalmente de procedencia asiática, el costo es alto con relación al costo en países vecinos, ya que la ley de incentivos a la producción y prevención del fraude fiscal en Ecuador, desde el año 2015 aplica el alza del cien por ciento al impuesto de consumos especiales ICE a los productos que utilizan GLP entre ellos las cocinas y calefones, también elimina el impuesto al valor agregado IVA en la compra de cocinas de inducción y calentadores de agua eléctricos para uso doméstico.

La Ley reformativa para la equidad tributaria en el Ecuador elimina también el impuesto a la salida de divisas ISD a la importación de cocinas eléctricas y de inducción y de calentadores eléctricos de agua para uso doméstico.

Para el proyecto de comparación de tecnologías para el calentamiento de agua se opta por un calefón Yang de las siguientes características:

---

<sup>33</sup> [www.sodimac.cl](http://www.sodimac.cl)

<b>CALEFÓN A GAS</b>	
<b>Marca</b>	YANG
<b>Modelo</b>	TW-983
<b>Procedencia</b>	Taiwán
<b>Dimensiones (mm)</b>	
<b>Largo</b>	745
<b>Ancho</b>	368
<b>Profundidad</b>	268
<b>Peso</b>	20Kg
<b>Conexión de agua</b> 1/2"	
<b>Ignición</b>	Automática
<b>Consumo de gas (Kg/h)</b>	
<b>GLP</b>	1.34
<b>GNP</b>	1.80
<b>Producción de agua</b> 25°max. 16 litros	



**Figura 2.1 Características Técnicas del calefón YANG TW-983.**

*Fuente: [www.industrialkkraee.com](http://www.industrialkkraee.com). Elaboración: Los autores.*

### 2.2.2 Ducha eléctrica

La ducha eléctrica es un tipo de calentador instantáneo que se coloca en el punto donde se requiere el agua caliente, su accionamiento es automático, al circular el agua una membrana desplaza dos contactos que se unen con los contactos de la línea eléctrica, cerrándose el circuito que activa una o varias resistencias eléctricas para el calentamiento del agua, dependiendo del modelo de ducha la potencia de consumo varía entre los 3000 W a 5500 W, generalmente poseen un interruptor de control de tres posiciones para proveer de agua fría, tibia o caliente. La selección de la ducha adecuada depende del clima y de la cantidad de agua a calentar, la temperatura deseada se regula abriendo o cerrando el grifo, a menor caudal mayor temperatura.

En el mercado local existe gran oferta de duchas eléctricas, de procedencia asiática, brasilera como Lorenzetti y Fame respectivamente, nacional como Relax elaborada en Quito y Termoplastic elaborada en Cuenca, el voltaje de funcionamiento es de 110 V o 220 V.

Para el análisis se ha decidido utilizar equipos fabricados u ofertados en el mercado local, específicamente los productos de la marca Termoplastic elaborados en la ciudad de Cuenca.

Características técnicas de la ducha eléctrica:

DUCHA ELÉCTRICA	
Marca	Termoplastic
Modelo	Fénix
Procedencia	Ecuador
Conexión de agua ½"	
Encendido	Automático
Consumo de Energía eléctrica	
Potencia	4840w
Voltaje	220v



Figura 2.2 Características Técnicas de la ducha eléctrica

Fuente: [juanalvarez.com](http://juanalvarez.com). Elaboración: Los autores.

En el departamento seleccionado para realizar las pruebas, se tienen tres puntos de consumo de agua caliente; en la ducha, en el lavavajillas, y en el lavamanos, al ser la ducha un calentador instantáneo a instalarse en el punto de uso, es necesario colocar dispositivos similares de calentamiento en cada punto de uso. Para esto, a parte de la ducha eléctrica, se instalan calentadores eléctricos instantáneos de cocina en los demás puntos de uso.

Características Técnicas del calentador eléctrico instantáneo:

Calentador eléctrico para cocina.	
Marca	Termoplastic
Modelo	Termal
Procedencia	Ecuador
Conexión de agua ½"	
Encendido	Automático
Consumo de Energía eléctrica	
Potencia	3300w
Voltaje	110v



Figura 2.3 Características Técnicas del eléctrico de cocina

Fuente: [juanalvarez.com](http://juanalvarez.com). Elaboración: Los autores.

### 2.3 Nuevas tecnologías

Desde el anuncio del cambio de matriz energética, la aplicación de impuestos para la adquisición de equipos que utilicen GLP y el plan de incentivos que



aplican por la utilización de equipos eléctricos que sustituyan a los tradicionales de GLP, como cocinas y calentadores de agua, se evidencia oferta de equipos que si bien en otros países principalmente de Europa y Estados Unidos ya se han estado utilizando desde hace varios años, para el mercado local se consideran como nuevas tecnologías para el calentamiento de agua.

### 2.3.1 Calefón eléctrico (calentador eléctrico instantáneo)

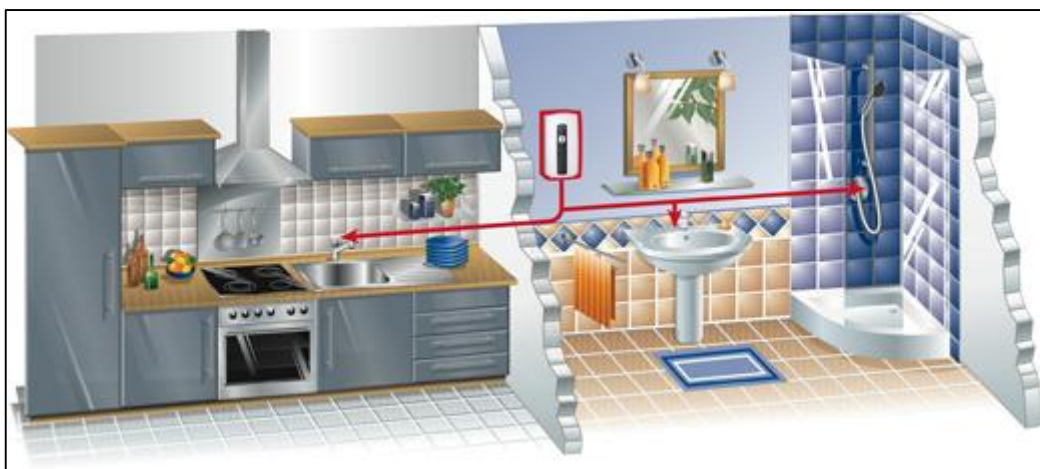
El calentador eléctrico instantáneo, es un dispositivo externamente idéntico al calefón a gas licuado de petróleo (GLP), pero de menor tamaño, por lo que es factible para ubicarlo en espacios reducidos, cerca de los puntos de uso de agua caliente o se lo puede colocar directamente en lugar del calefón a GLP, por lo que no es necesario que se cambie la instalación hidráulica existente.

La implementación de nuevas tecnologías, en este tipo de calentadores, abastece de ACS a temperaturas requeridas de salida.

La potencia varía entre los 6 a 27 kW, dependiendo del caudal que se necesite para calentar el agua simultáneamente para varios puntos de uso.

La gama de potencias se sitúa en el intervalo de caudales elevados, para su aplicación en suministros trifásicos, con potencias desde 9 hasta 27 kW o monofásicos de 6 a 12 kW.

Su funcionamiento es mediante resistencias eléctricas, calentando el agua por efecto Joule, disponen de una resistencia en calentadores de pequeño caudal y de dos y tres resistencias para los de medio y elevado caudal respectivamente.



**Figura 2.4** Calentador eléctrico instantáneo, para 3 puntos de uso: lavavajilla, lavamanos y ducha.

Fuente (<http://www.stiebel-eltron-latino.com/dhc-e.html>)





En el mercado local se ofertan las marcas Stiebel Eltron de fabricación alemana, importador para Ecuador es Zaphir Trade S.A.

Los modelos de calentadores de agua Stiebel Eltron son los siguientes:

DNC.- Con ducha incorporada para pequeña potencia.

DHC.- mini calentador de 3 a 8.8kW.

DHB.- Hidráulico de doble regulación, 12 a 27kW.

DHF.- Hidráulico a baja presión de 2 etapas, con potencias desde 12 a 27Kw.

Es un calentador eléctrico instantáneo controlado hidráulicamente, el agua se calienta al fluir por su interior, consumiendo energía eléctrica durante este tiempo, el consumo se detiene una vez que se cierra el grifo de agua caliente.

El control de mando consta de dos posiciones, obteniéndose mayor o menor potencia, ya que controla dos resistencias eléctricas. La selección de la posición para obtener la temperatura adecuada depende del caudal y temperatura de entrada que se tenga.

Para la operación de estos calentadores es necesario un caudal mínimo de accionamiento, abastecen de agua caliente constante, pero con caudal limitado.

DHE.- Electrónico con potencias desde 12 a 27 kW.

Los calentadores de agua eléctricos instantáneos controlados electrónicamente son conocidos también como termostáticos, y son considerados la última generación en calentadores de ACS.

La regulación electrónica brinda la salida de agua a temperatura constante, según la regulación seleccionada y puede regularse entre 30°C y 60°C<sup>34</sup>, presentan un ahorro en consumo de agua y energía frente a los controlados hidráulicamente, ya que si entra agua precalentada reducirá el consumo, garantizando una temperatura de salida adecuada independiente del caudal y temperatura de agua de entrada.

---

<sup>34</sup> [http://www.stiebel-eltron-latino.com/pdf/install\\_dhc-e\\_810-12.pdf](http://www.stiebel-eltron-latino.com/pdf/install_dhc-e_810-12.pdf) , fecha de consulta 03/09/16

En regiones con temperatura de agua fría sobre los 16°C durante todo el año, un solo equipo podría abastecer de ACS a una vivienda unifamiliar.

La temperatura de abastecimiento de agua para el calefón podría ser de hasta 55°C<sup>35</sup>

La excelente regulación termostática les faculta para formar parte de un sistema de apoyo auxiliar en una instalación de energía solar, al permitir su regulación con entrada de agua a temperaturas elevadas.

### 2.3.1.1 Características Técnicas del modelo a utilizarse para el caso de estudio:

El modelo seleccionado es el “DHF 12 C1”, ya que está disponible en Ecuador, sus características técnicas y de uso se asemeja al calefón a gas.

CALENTADOR ELÉCTRICO INSTANTÁNEO	
Marca	Stiebel Eltron
Modelo	DHF 12 C1
Procedencia	Alemania
Dimensiones (mm)	
Largo	370
Ancho	220
Profundidad	130
Peso	4Kg
Conexión de agua ½"	
Encendido	Automático
Consumo de Energía Eléctrica 12kW	
Voltaje	220v monofásico
Corriente	55A
Producción de agua a 55° 4,2 litros a temperatura inicial de 14°	



Figura 2.5 Características Técnicas del calentador eléctrico Stiebel Eltron

Fuente: (manual de instalación y operación de Stiebel Eltron. Elaboración: Los autores.)

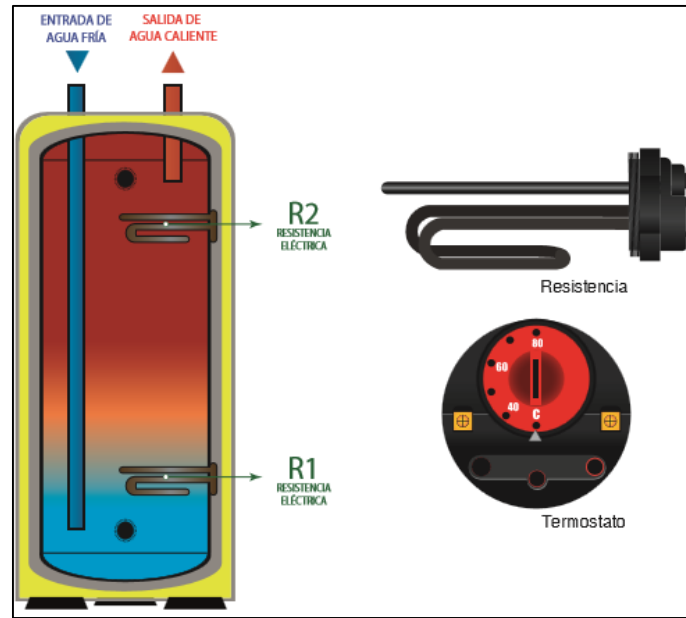
### 2.3.2 Termotanque eléctrico

Se clasifica dentro del grupo de los calentadores acumuladores, la capacidad del tanque de calentamiento está en el rango desde los 20 hasta los 300 litros, siendo posible la instalación de termotanques en serie o paralelo, si se necesita producir mayor cantidad de agua caliente.

<sup>35</sup> [http://www.stiebel-eltron-latino.com/techdata\\_dhc-e.html](http://www.stiebel-eltron-latino.com/techdata_dhc-e.html) , fecha de consulta 03/09/16.

El calentamiento es progresivo debido al volumen de agua a calentar, por lo que debe conocerse los hábitos de consumo para garantizar la provisión de agua caliente en el instante que se necesite.

El sistema de calentamiento es por medio de una o varias resistencias eléctricas, sumergidas dentro del tanque, como se indica en la figura 2.5.



**Figura 2.6 Resistencias eléctricas del termostato**

**Fuente: Cortesía de Juan Álvarez Cía. Ltda.**

Las resistencias poseen termostato independiente por lo que no necesariamente se encenderán simultáneamente, el agua caliente tiende a subir provocando que la resistencia 2 funcione solamente en la etapa de calentamiento inicial y si la demanda de agua caliente aumenta.

El tanque está compuesto de elementos aislantes como el poliuretano que ayudan a mantener la temperatura del agua por más tiempo.



*Figura 2.7 Partes del termotanque*

*Fuente: Cortesía de Juan Álvarez Cía. Ltda.*

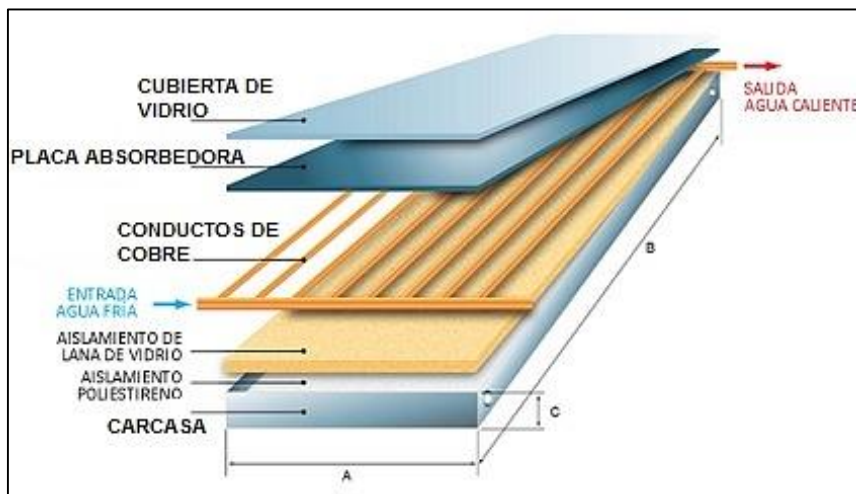
### 2.3.3 Sistema solar - eléctrico

El calentamiento de agua a través de la radiación solar es una de las formas directas de aprovechar el sol, se requiere de un captador solar térmico y un tanque de almacenamiento, el tipo de captador solar más común y el empleado para calentar agua para uso doméstico es el captador de placa plana, debido a que dentro del hogar se manejan temperaturas inferiores a los 100°C.

Las partes principales se observa en la figura 2.7 y son:

- Cubierta exterior: generalmente es de vidrio templado, cubre la placa absorbadora, su función principal es comportarse como un elemento transparente a la radiación solar incidente y por otra parte mostrarse opaca a la radiación que emitida por la placa absorbadora, favoreciendo así al efecto invernadero.
- Placa absorbadora: normalmente se fabrican de cobre o aluminio tienen la función de absorber la radiación solar y transmitirla al líquido que circula en su interior dispuesto en tuberías de cobre.

- **Aislamiento:** compuestas de resina de melanina o espuma de poliuretano se dispone en las partes laterales y por debajo del captador solar, su función es mantener el calor generado en el interior del captador evitando en lo posible las pérdidas.
- **Carcasa o caja envolvente:** se construye de acero galvanizado o de aluminio anodizado, contiene a todos los componentes del captador solar protegiéndoles de los agentes atmosféricos y es lo suficientemente rígido que facilita la manipulación.



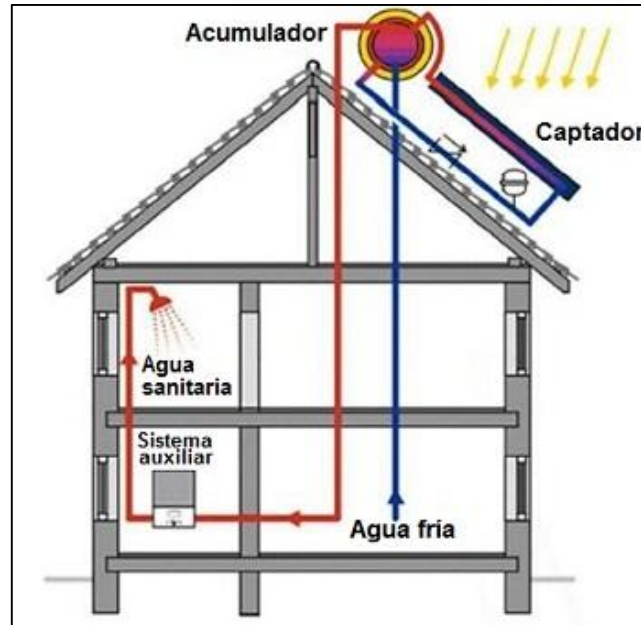
*Figura 2.8 Partes del captador solar de placa plana*

*Fuente: ingemecanica.com, componentes del captador solar térmico plano*

Existen dos tipos de sistemas: sistemas por efecto termosifón y sistemas por circulación forzada.

- **Sistemas por efecto termosifón:** el efecto termosifón se presenta por el principio de convección natural, para lo cual se requiere que el acumulador este a una altura determinada por encima del captador solar, el agua al paso por el captador solar se calienta aumentando su volumen pero disminuyendo su densidad, esto hace que el agua caliente sea más ligera y suba hacia el acumulador de forma natural, así se produce una circulación natural del fluido, ver figura 2.9, su montaje se realiza en los techos de los hogares con el fin de aprovechar al máximo la radiación solar, por lo que se debe proveer una estructura para su montaje. Estos sistemas son más económicos y de fácil montaje pero en eficiencia son inferiores a los sistemas de circulación forzada.

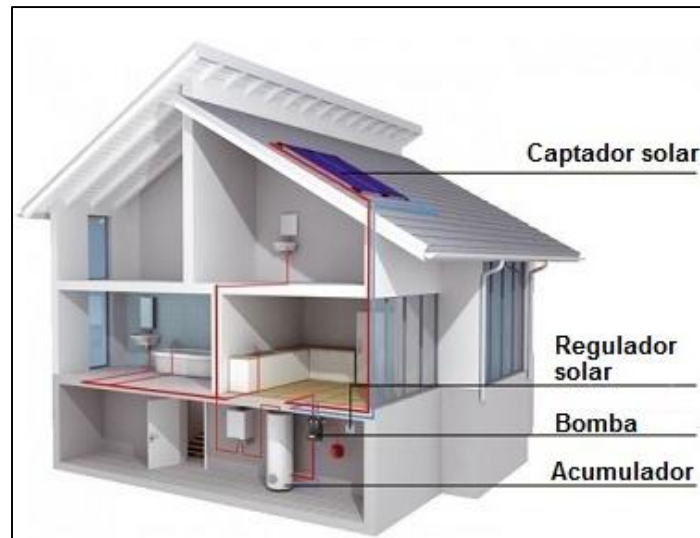
En estos sistemas es difícil de controlar la temperatura que alcance dentro del acumulador sobre todo en periodos de máxima radiación en donde puede alcanzar temperaturas elevadas.



*Figura 2.9 Sistema por efecto termosifón*

*Fuente: Ingemecanica.com, efecto termosifón*

- **Sistema por circulación forzada:** en este tipo de sistemas ya no es necesario que el acumulador este junto con el captador solar, puesto que para la circulación del agua se emplea una bomba, el acumulador puede estar situado en cualquier parte ya sea en el interior del hogar. Este sistema a más de la bomba requiere de un sistema de regulación y de control, el que active la bomba cuando exista un diferencial de temperaturas entre el fluido que sale del captador y el que se encuentra en el acumulador, observar figura 2.10, de esta manera se puede regular la temperatura del agua que se requiere dentro del hogar. El sistema por circulación forzada es más eficiente que el sistema por efecto termosifón pero su costo también es superior.



**Figura 2.10 Sistema por circulación forzada**

**Fuente:** *lingemecanica.com, circulación forzada*

Los dos sistemas requieren de un sistema auxiliar de respaldo en el caso de que las condiciones climáticas sean muy desfavorables y las temperaturas sean extremadamente bajas.

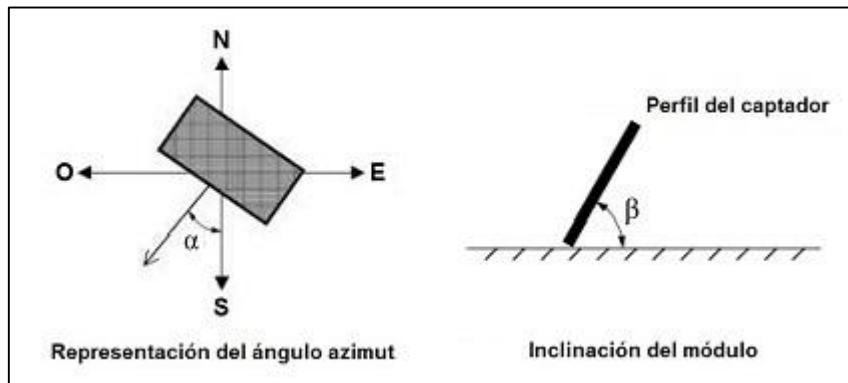
La disposición de los captadores solares, orientación e inclinación están directamente relacionados con el rendimiento, se busca siempre que los rayos solares incidan perpendicularmente en el captador solar.

- **Orientación:** la orientación “ $\alpha$ ” de los captadores solares se dispondrán siempre “mirando hacia el Ecuador terrestre”, si se realiza instalaciones en el hemisferio norte se supone una orientación sur geográfico, en cambio si la instalación se realiza en el hemisferio sur se supone una orientación norte geográfico, ver figura 2.11, sin embargo son tolerables una desviación de  $\pm 20^\circ$  en dirección sur norte geográfico sin que se produzca grandes pérdidas geográficas<sup>36</sup>.
- **Inclinación:** el ángulo “ $\beta$ ” es el que se forma entre la superficie del captador y la horizontal, ver figura 2.10, este ángulo depende del uso del captador solar, generalmente si se quiere que la instalación trabaje todo el año (invierno y verano) con un rendimiento aceptable la inclinación coincide con la latitud del lugar donde se instale.

Si la instalación se va utilizar especialmente en la época de invierno, la inclinación será la suma de la latitud del lugar más  $10^\circ$ . Por otro lado si se

<sup>36</sup> <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>

pretende utilizar especialmente en verano la inclinación será la latitud menos  $20^{\circ}$ <sup>37</sup>.



**Figura 2.11** Ángulos de orientación e inclinación del captador solar

**Fuente:** Ingemecanica.com, orientación e inclinación del calentador solar

- **Radiación solar:** la radiación solar es la energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas, se componen de dos tipos: radiación directa y radiación difusa. La radiación directa es la que llega directamente a la tierra, mientras que la radiación difusa es la que resulta después de la interacción con los agentes atmosféricos.

La potencia incidente de la radiación solar sobre la superficie se denomina irradiación y se expresa en  $(W/m^2)$ , la irradiación a lo largo de un periodo de tiempo se expresa en términos de energía  $(kWh/m^2)$ .

En el Ecuador se desarrollan estudios con fines de generación eléctrica, se dispone de un atlas solar publicado por el concejo nacional de electricidad (CONELEC) y la corporación para la investigación energética (CIE) en 2008.

<sup>37</sup> <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>



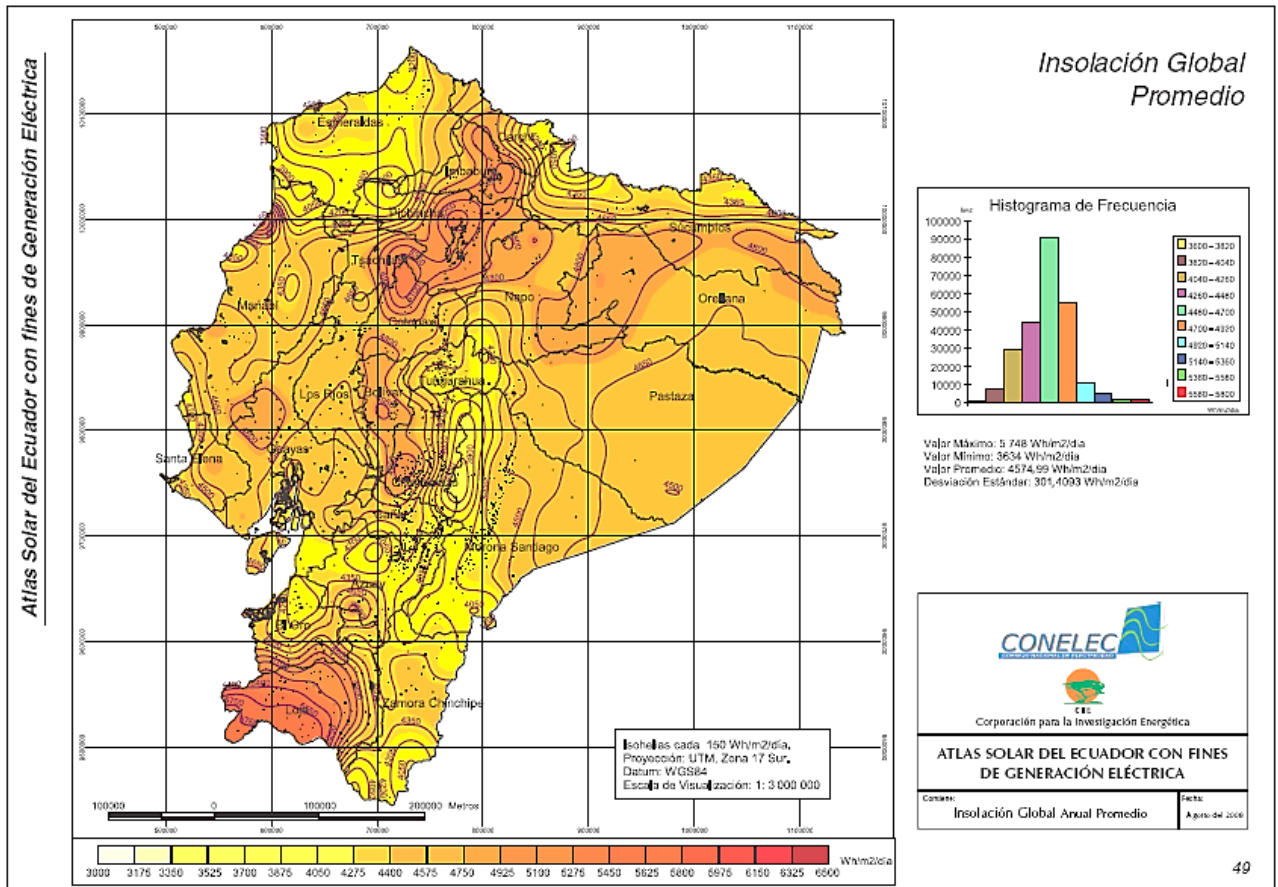


Figura 2.12 Atlas solar del Ecuador

Fuente: CONELE & CIE publicado en 2008 [http://www.energia.org.ec/cie/?page\\_id=39](http://www.energia.org.ec/cie/?page_id=39)

### 2.3.3.1 Energía solar aplicada al calentamiento de agua

En distintos países especialmente europeos y en los últimos años en América Latina, se ha visto la necesidad de aprovechar las energías renovables alternativas para mantener un desarrollo sustentable, especialmente aprovechando la energía solar en el calentamiento de ACS.

En España rigen el reglamento aprobado en el Real Decreto<sup>38</sup> que en la sección HE 4 hace referencia a la “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”, aplicable a la construcción y remodelación de edificios de cualquier uso con demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta. Las contribuciones son mínimas pudiendo ampliarse voluntariamente, al país se lo

<sup>38</sup> Real Decreto 1751/1998 de 31 de julio por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios

ha dividido en cinco zonas climáticas dependiendo de la radiación solar global media diaria anual sobre una superficie horizontal (H), observar tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Radiación solar global**

Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

*Fuente: Sección HE4, contribución mínima para el calentamiento de agua,*  
<https://www.terra.org/data/cteseccionhe4.pdf>

Dependiendo del sistema auxiliar de energía, se establece dos casos:

- a) Caso general: Se supone que la fuente de energía auxiliar es gasóleo, propano, gas natural, u otras.
- b) Caso efecto Joule: Se supone que la fuente de energía auxiliar es la electricidad, mediante efecto Joule.

Las cantidades mínimas de aportación de energía solar se ilustran en las siguientes tablas 2.2 y 2.3:

**Tabla 2.2 Contribución solar mínima en %, Caso general**

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

*Fuente: Sección HE4, contribución mínima para el calentamiento de agua,*  
<https://www.terra.org/data/cteseccionhe4.pdf>

Tabla 2.3 Contribución solar mínima en %, Caso efecto joule

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

Fuente: Sección HE4, contribución mínima para el calentamiento de agua,

<https://www.terra.org/data/cteseccionhe4.pdf>

## 2.4 Instrumentos de medida

Un instrumento de medida es aquel empleado para contrastar magnitudes físicas a través de un proceso de medición, el objetivo de los instrumentos de medida es facilitarnos valores de magnitudes físicas que pueden ser utilizados en cálculos determinados. (Solé)

### 2.4.1 Medidores de temperatura

La temperatura es una propiedad de la materia, se manifiesta con una sensación de frío o calor, si dos cuerpos a diferente temperatura se juntan se produce una transferencia de calor del caliente al frío hasta llegar a un punto de equilibrio, en esta perspectiva, la temperatura es un indicador de la dirección que toma la energía en su tránsito de unos cuerpos a otros.

Algunas propiedades físicas pueden variar con la temperatura, como por ejemplo la longitud de una barra, el volumen de un líquido, la resistencia eléctrica de un alambre o el color del filamento de una lámpara, a estas propiedades se le denomina propiedades termométricas y son utilizadas en la construcción de distintos tipos de termómetros.

Las escalas de temperatura comúnmente usadas son las: Celsius y Fahrenheit; de estas la más difundida en el mundo es la escala Celsius, se tomaron como temperatura de referencia el punto de fusión del hielo puro (0°C o 32°F) y el punto de ebullición del agua pura a nivel del mar (100°C o 212°F).

Los instrumentos para medir esta magnitud física son numerosos, su selección se lo realiza de acuerdo al requerimiento y al medio en donde se encuentra. Los más comunes son los termómetros, pero para aplicaciones industriales los que

se emplean son los sensores de temperatura (termopares) que nos facilita la manipulación de sus medidas para efectos de registro de datos o de control.

- **Termopar o termocupla:** Es un sensor de temperatura formado por dos metales diferentes cuyas característica principal es que se produce una tensión proporcional a la diferencia de temperaturas entre los puntos de unión. Su funcionamiento se basa en el efecto *Seebeck*, dos conductores diferentes formando un circuito cerrado, en donde la diferencia de temperaturas produce una f.e.m. que da origen a la circulación de una corriente que se mantiene mientras las temperaturas sigan siendo diferentes.

La composición de los termopares se encuentra estandarizada y los tipos tienen una denominación ANSI: B, C, E, J, K, N, R, S, T.

Para cada tipo de termopar existe tablas donde se da la tensión frente a la diferencia de temperatura con respecto a la de referencia a 0°C → 6 – 75  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ , como se observa en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Tipos de termopares

Tipo	Composición (terminal positivo - negativo)	Campo de medida recomendado	Sensibilidad (a 25°C)
J	Fe - Constantán*	0 a 760°C	51,5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
K	Cromel* - Alumel*	-200 a 1250°C	40,5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
N	Nicrosil* - Nisil*	0 a 1260°C	26,5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
T	Cu - Constantán	-200 a 350°C	41,0 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
R	13%Pt 87%Rh - Pt	0 a 1450°C	6 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
S	10%Pt 90%Rh - Pt	0 a 1450°C	6 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
B	30%Pt 70%Rh - 6%Pt 94%Rh	800 a 1800°C	9 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (a 1000 °C)

Fuente: Sensores de temperatura, [www.eletrosim.blogspot.com](http://www.eletrosim.blogspot.com)

El termopar empleado para el tema en estudio es el termopar del tipo K, ve figura 2.13, muy utilizado debido a sus características: alta sensibilidad, rápida respuesta, rango de temperatura desde -200 a 1250°C. Los datos obtenidos con el termopar deben ser visualizados y almacenados en un registrador de datos (Data Logger).

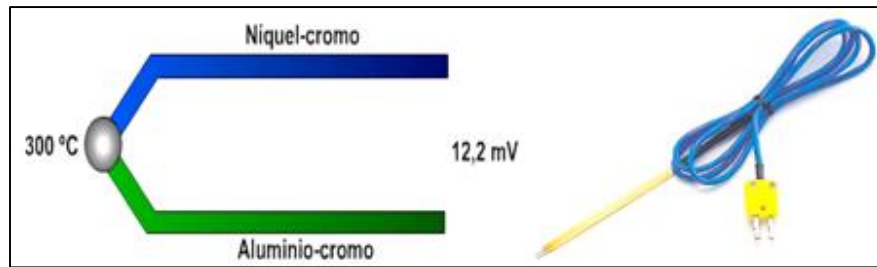


Figura 2.13 Termopar del tipo K

Fuente: [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)

- **Registrador de datos (Data logger):** Es un dispositivo electrónico utilizado para almacenar datos en el tiempo, esto lo hace a través de sensores propios o conectados externamente, en nuestro caso mediante una termocupla del tipo K. El data logger permite visualizar los valores de medida de temperatura y además posee una memoria interna que sirve para registrar las mediciones en determinados intervalos de tiempo, la capacidad de memoria varía de acuerdo a cada dispositivo, el VA601 Data Logger, ver figura 2.14, posee la capacidad de guardar hasta 16.000 registros, valores que pueden ser descargados mediante un ordenador para fines determinados.



Figura 2.14 VA601 Data logger

Fuente: Instrumentos de medida, VIMAEL S.A.

## 2.4.2 Medidor de cantidad de agua

Los medidores de caudal (caudalímetros) o también denominados flujómetros se utilizan para medir el caudal o el gasto volumétrico de un fluido a través de tuberías. Existen una gran variedad de medidores de caudal, los más básicos los son los empleados en el sector residencial para saber el consumo mensual y

también existen otros para aplicaciones industriales. Dentro de los medidores residenciales tenemos:

- **Medidor de chorro único:** El principio de funcionamiento se basa en la incidencia de un único flujo de agua tangencial sobre una turbina montada en posición radial dentro del cuerpo del medidor, la rotación de la turbina transmite el movimiento al mecanismo de lectura que permite la medición del volumen que pasa por el instrumento, la velocidad de la rotación de la turbina es proporcional a la entrada del flujo del agua, figura 2.15.



Figura 2.15 Medidor de chorro único para agua fría

Fuente: [www.ceniferr.com](http://www.ceniferr.com)

Este instrumento registra el consumo en metros cúbicos, pero también dispone de fracciones de esta unidad como son las décimas y centésimas de metro cubico, cumple además la norma ISO 4064.

Dentro de los medidores de caudal de agua para uso residencial se tiene el medidor de agua fría y el medidor de agua caliente, el medidor de agua fría soporta temperaturas del líquido de hasta 30°C, figura 2.15, mientras que por otra parte el medidor de agua caliente soporta temperaturas del líquido de hasta los 90°C, figura 2.16.



Figura 2.16 Medidor de chorro único para agua caliente

Fuente: [www.ceniferr.com](http://www.ceniferr.com)



Su sencillo diseño hace que sea un producto con un precio competitivo y una operación altamente fiable.

### **2.4.3 Contador de energía.**

El contador de energía es un equipo que se emplea para medir la energía suministrada a los clientes, aplicada a una tarifa por el ente regulador, posibilita a la empresa distribuidora realizar una facturación adecuada de la potencia y la energía consumida, la unidad de medida es el Kilovatio/hora (KW/h).

Los contadores de energía se clasifican en;

- Monofásicos bifilares: se utiliza para el registro de una acometida de 2 hilos F y N
- Monofásicos trifilar: se utiliza para el registro de una acometida monofásica de fase partida (120/240V) de 3 hilos F1, F2 y N
- Bifásicos trifilar: se utiliza para el registro de una acometida de 3 hilos 2 fases alimentado de una red de B.T. de distribución trifásica.
- Trifásicos tetrafilar: Se utiliza para el registro de una acometida de 4 hilos 3 fases y un neutro de una red de B.T. de distribución trifásica.
- Trifásicos trifilar: Se utiliza para el registro de una acometida de 3 hilos 3 fases de una red de B.T. de distribución trifásica.

Dentro del sector residencial los medidores que se utilizan son el monofásico y el bifásico, figura 2.17, mientras que el sector comercial e industrial se emplea los medidores trifásicos.

Con el cambio de matriz energética, se proyecta a cambiar la totalidad de equipos de medición de energía eléctrica de consumo residencial, por medidores bifásicos de 220V.





Figura 2.17 Contador de energía bifásico

Fuente: [www.inelca.com.co](http://www.inelca.com.co)

## 2.5 Medición de parámetros

Los parámetros establecidos y requeridos para el estudio son: Temperatura del agua, temperatura ambiente, cantidad de agua caliente y cantidad de energía, cada uno de los parámetros se obtendrán mediante los instrumentos de medida correspondientes definidos anteriormente, las medidas serán registradas en una base de datos cuyos resultados servirán para realizar los cálculos comparativos entre las diferentes tecnologías de calentamiento de agua.

### 2.5.1 Temperatura

Los parámetros de temperatura son esenciales para el desarrollo del proyecto, existen dos valores de temperatura que se deben considerar, la temperatura ambiente y la temperatura del agua, los valores de estas mediciones serán registradas mediante un Data Logger en intervalos de 10 segundos en un periodo de 24 horas repitiendo el proceso de manera progresiva durante todo el tiempo que duren las pruebas con cada una de las tecnologías de calentamiento de agua.

### 2.5.2 Temperatura ambiente

La temperatura ambiente es aquella que puede ser medida en un sitio y momento determinado. En el Cantón Paute zona donde se realiza el estudio la temperatura ambiente varía en un rango de 15°C a 26°C<sup>39</sup>, teniendo como temperatura

<sup>39</sup> <http://www.azuay.gov.ec/paute.php>





ambiente un promedio de 20°C, esta temperatura corresponde a un ambiente templado.

La temperatura del ambiente influye directamente al momento de calentar el agua, por tal motivo es importante conocer su valor al momento de cada una de las pruebas que se van a realizar, este valor será registrado instantáneamente durante el periodo de pruebas con cada una de las tecnologías de calentamiento de agua.

### **2.5.3 Temperatura del agua**

Es importante conocer la temperatura inicial del agua antes que ingrese al sistema de calentamiento y también después del proceso es decir en los puntos finales de consumo.

La temperatura inicial del agua se encuentra de manera proporcional con la temperatura ambiente.

La temperatura de agua caliente estará de acuerdo a los hábitos de consumo de cada persona generalmente están entre 37°C y 45°C<sup>40</sup>.

Todos estos valores serán registrados mediante el Data logger, se dispone de dos instrumentos de este tipo, uno colocado al inicio del sistema de calentamiento (entrada de agua fría) y el otro al final del sistema (salida ducha).

El Data Logger nos facilita una curva diaria de uso de agua caliente, en donde se podrá conocer con exactitud la hora y el tiempo que utiliza la ducha cada una de las personas del hogar en estudio.

### **2.5.4 Cantidad de agua**

La cantidad de agua que se consume dentro de un hogar depende directamente de los hábitos, costumbres y número de miembros que conforman la familia. El sistema de calentamiento de agua debe ser capaz de abastecer las necesidades dentro del hogar.

La cantidad de agua será registrada mediante los medidores de volumen de agua, se registrara la cantidad de agua caliente, valores que se constataran cada

---

<sup>40</sup> <http://madridvertical.eu/agua-caliente-sanitaria/>, consulta: 12/09/2016



24 horas y también al final de la prueba de cada una de las tecnologías de calentamiento de agua.

### **2.5.5 Cantidad de energía**

La cantidad de energía eléctrica representa el consumo de energía en un periodo de tiempo determinado, esto se registra mediante un contador de energía para determinar el consumo mensual de energía eléctrica.

Durante las pruebas planteadas la cantidad de energía será registrada con un contador de energía de 220 V, se registrarán los kilovatios consumidos por cada una de las tecnologías de calentamiento de agua, valores que servirán para realizar las comparaciones respectivas.

En el caso del sistema de calentamiento donde se utiliza GLP, se empleará un equivalente energético electricidad – gas licuado de petróleo (GLP) con la consideración de los contenidos caloríficos de la electricidad y del gas licuado de petróleo, si estos fueran utilizados al 100% de eficiencia 1kg de GLP equivale a 13,92 kWh de electricidad<sup>41</sup>.

---

<sup>41</sup> Revista CIEEPI, plan de eficiencia energética y cocinas de inducción  
<https://issuu.com/cieepi.ecuador/docs/revista25/10>; Pagina 12



### 3 CAPITULO III: LEVANTAMIENTO DE DATOS

#### 3.1 Elaboración y modelo de encuestas

La encuesta se desarrolló principalmente para determinar el consumo de energía que utilizan los habitantes del cantón Paute en el calentamiento de agua para uso doméstico, el tipo de tecnología que utilizan para el calentamiento de agua y además los hábitos de uso de agua caliente. La encuesta se realizó de manera personal en la zona urbana del cantón Paute ante las personas que voluntariamente brindaron su colaboración.

El modelo de encuesta se elaboró en base a los datos que eran necesarios conocer para el desarrollo del estudio, preguntas puntuales que arrastran respuestas concretas, el modelo de encuesta se muestra en el ANEXO 1.

##### 3.1.1 Selección del número de muestras de acuerdo a la población.

La población del cantón Paute de acuerdo al Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010 fue de 25494 habitantes, el número total de hogares de 6890 lo que representa un promedio de 3,7 personas por hogar. De acuerdo a la proyección de la población ecuatoriana, por años calendario según cantones, a Paute le corresponde una población de 28246 habitantes en el año 2016.

Los datos obtenidos en la parroquia urbana Paute del cantón Paute de acuerdo al CPV 2010, presenta los siguientes resultados: 9763 habitantes, 2701 hogares, 3,61 personas promedio por hogar<sup>42</sup>.

Para obtener el número de muestras “n” para la encuesta se considera algunos parámetros como: población “N” en este caso tomamos el número de hogares del área urbana del cantón Paute, desviación estándar de la población “ $\sigma$ ” si no se conoce su valor se utiliza  $\sigma=0,5$ , valor de “Z” para obtener un nivel de confianza entre el 95% y 99% que garantice la probabilidad de que la muestra representa el comportamiento del universo se considera valores de 1,96 y 2,58 respectivamente, límite de error aceptable “e” se puede considerar entre 1%

---

<sup>42</sup> Datos consultados (20/03/2016) en la página del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador INEC, [www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec)



(0,01) y 9% (0,09), para la encuesta tomamos un valor del 5% (0,05) y se aplica la ecuación (1):

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

Con los siguientes datos:

N	2701
$\delta$	0,5
Z	1,96
e	0,05

Entonces:

$$n = \frac{2701 \cdot 0,5^2 \cdot 1,96^2}{(0,05^2 \cdot (2701 - 1)) + (0,5^2 \cdot 1,96^2)} = 336 \text{ muestras}$$

### 3.1.2 Análisis de resultados de las encuestas

Los resultados de las encuestas direccionan a conocer el comportamiento enfocado a los hábitos de consumo de agua caliente dentro de los hogares. A continuación se presenta un resumen de las preguntas esenciales para el desarrollo del presente estudio.

DE acuerdo a los resultados obtenidos, los sistema de calentamiento que utilizan los hogares del cantón Paute son, ver figura 3.1. El 52.1% utiliza ducha eléctrica, el 30,1% utiliza calefón a GLP y un 3% de los hogares que no utilizan agua caliente por costumbre.

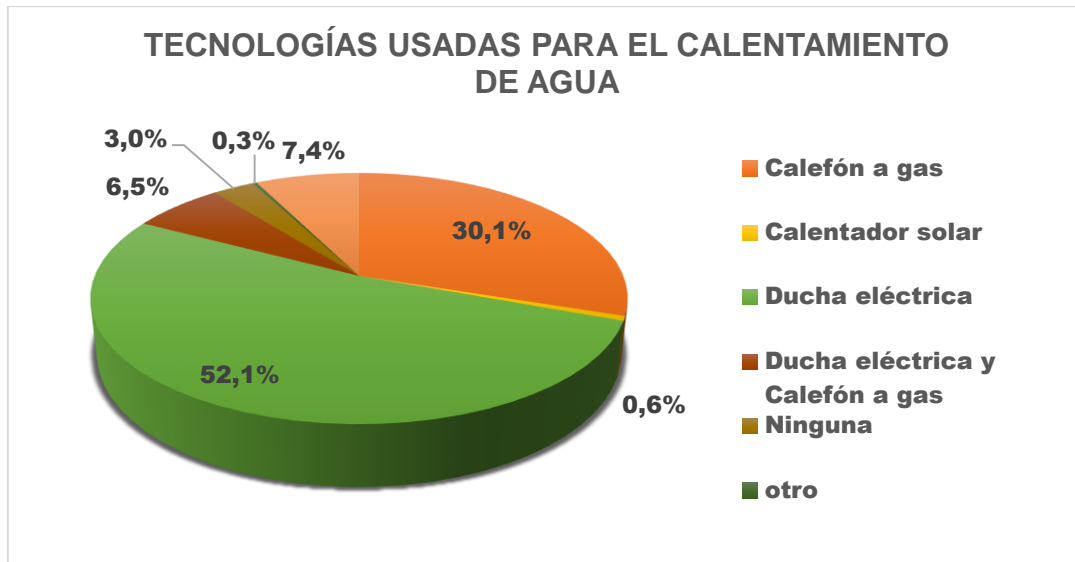


Figura 3.1 Tecnologías utilizadas para el calentamiento de agua en el Cantón Paute

Fuente (Elaboración autores)

Con respecto a la satisfacción que tienen con su sistema de calentamiento, figura 3.2, el 79,8% manifestó que está satisfecho y tan solo el 20,2% no está conforme, también se puede mencionar que los hogares que no disponen de ningún sistema de calentamiento, les gustaría contar un sistema eficiente y económico.

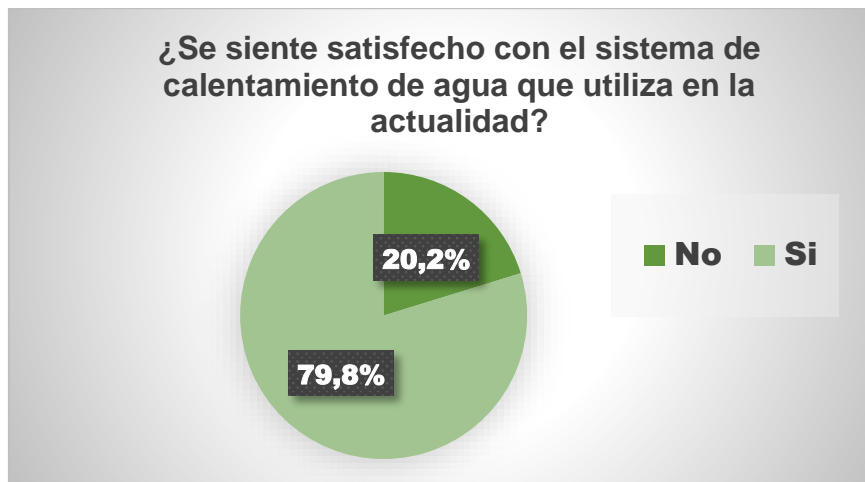


Figura 3.2 Grafica de satisfacción con el sistema de calentamiento de agua existente

Fuente: Elaboración autores

Los usos de agua caliente dentro de los hogares son múltiples dependiendo de los puntos de uso colocados en la vivienda, de acuerdo a las encuestas los usos de agua caliente en el cantón Paute está centrado principalmente en la ducha con un 71,4% de los hogares, el 14% utiliza en los 3 puntos comunes de salida de agua caliente ducha, lavamanos y lavavajillas, mientras que el 10.4% no

dispone de un sistema de calentamiento de agua dentro de su hogar, como se observa en la figura 3.3.

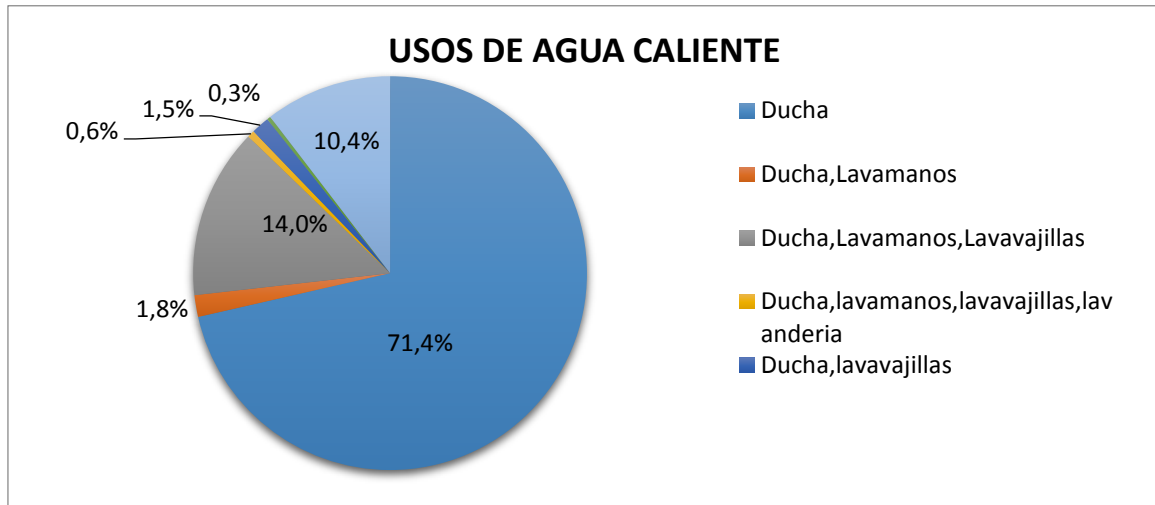


Figura 3.3 Grafica de usos de agua caliente en el cantón Paute

Fuente: Elaboración autores

Teniendo en cuenta que en la ducha es donde más se consume el agua caliente, se consultó el tiempo estimado de uso de la ducha, los resultados fueron los siguientes: en 10 minutos el 36,9% de los encuestados, un 30,1% en 15 minutos y el 16,1% lo hacen en un tiempo inferior a los 10 minutos, ver figura 3.4.

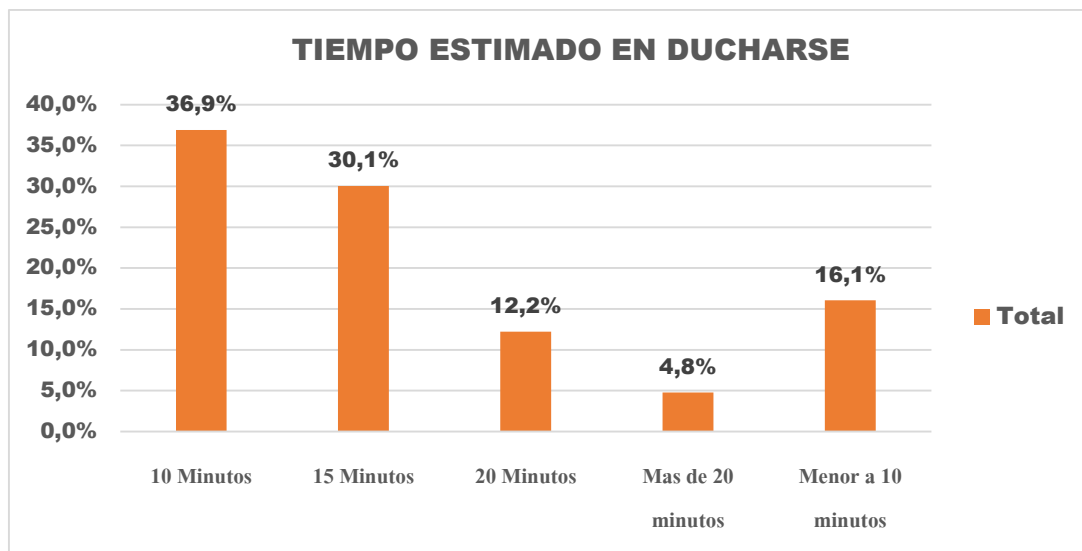


Figura 3.4 Tiempos promedios que utiliza la ducha una persona

Fuente: Elaboración autores

Ahora considerando solo los hogares que tienen calefón a GLP que es el 30.1% del total de los hogares y los sistemas combinados (ducha eléctrica y calefón a GLP) que corresponde al 6.5%, se puede contabilizar el consumo mensual de

cilindros de GLP de 15 kg empleados para el calentamiento de agua de uso sanitario dentro los hogares. El 71,2% consumen un cilindro mensual, mientras que el 22,7% consumen 2 cilindros y el 6.1% sobrepasan los 2 cilindros mensuales, ver figura 3.5.

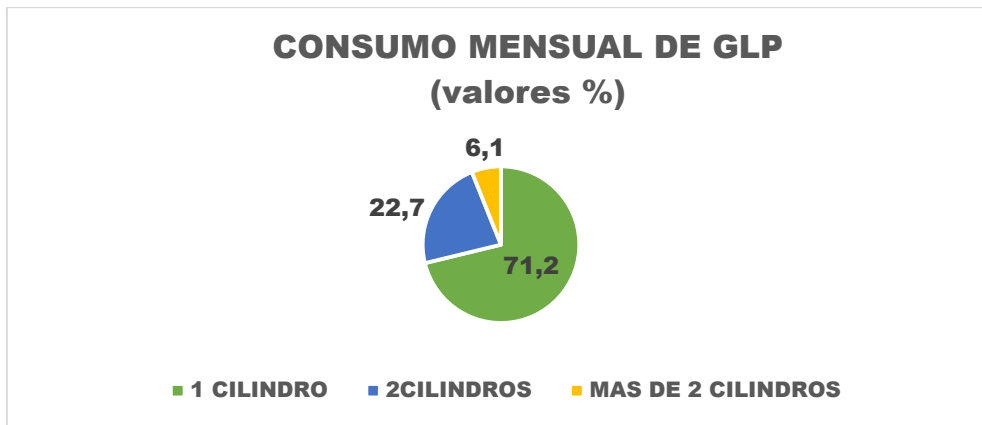


Figura 3.5 Consumo mensual de GLP por concepto de calentamiento de agua

Fuente: Elaboración autores

Es importante también conocer el valor por consumo de energía eléctrica independientemente del sistema de calentamiento de agua dentro del hogar, el 21,4% paga un valor inferior a 10 dólares, el 12.2% paga un valor entre 10 y 15, el 16,4% entre 15 y 20 dólares, el 4.2% entre 20 y 25, mientras que el 29.5% paga más de 25 dólares, por otra parte existe un 16,1% de la población que desconoce cuánto cancela, como se muestra en la figura 3.6.

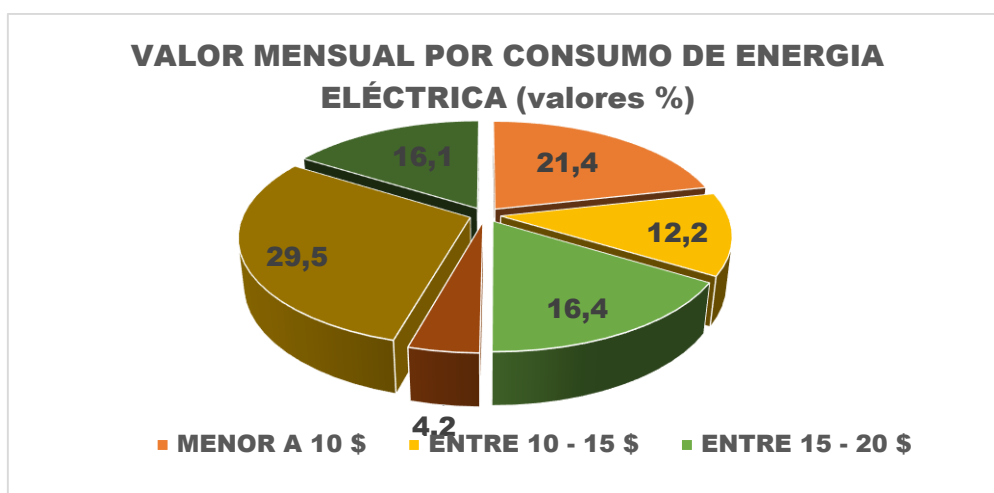


Figura 3.6 Consumo mensual de energía eléctrica

Fuente: Elaboración autores

### 3.2 Instalación de equipos e instrumentos de medida

La vivienda en donde se colocan los equipos de calentamiento de agua para uso doméstico, conjuntamente con los sistemas de medición de parámetros, se encuentra ubicada calle Simón Bolívar y 24 de Mayo en el barrio El Calvario de la ciudad de Paute y es habitada regularmente por 4 personas durante todo el tiempo de pruebas, el departamento cuenta con una ducha, un lavamanos y un lavavajillas que es lo común que se encuentran dentro de los hogares, la instalación se realiza en base al siguiente cronograma, tabla 3.1.

Tabla 3.1 Cronograma de instalación de equipos

CRONOGRAMA DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA			
MESES		PERIODO DE INSTALACIÓN	
		ABRIL - MAYO - JUNIO - JULIO - AGOSTO	
Nº	TECNOLOGÍAS	INICIO	FIN
1	CALEFÓN A GLP	13/04/2016	15/04/2016
2	CALEFÓN ELÉCTRICO	08/05/2016	10/05/2016
3	TERMOTANQUE ELÉCTRICO	29/05/2016	30/05/2016
4	SOLAR - ELÉCTRICO	25/06/2016	29/06/2016
5	DUCHA ELÉCTRICA	19/07/2016	20/07/2016

Fuente: Elaboración autores

Los instrumentos de medida necesarios para cada prueba se colocaran de acuerdo a cada sistema de calentamiento.

#### 3.2.1 Instalación del calefón a gas

Los equipos necesarios para esta prueba se muestran en la tabla 3.2, la distribución de los equipos y los instrumentos de medida se observa en la figura 3.7.



Tabla 3.2 Lista de equipos e instrumentos para la instalación del sistema de calentamiento a GLP (calefón a gas).

Equipo	Cantidad
Calefón a GLP	1
Cilindro de GLP de 15 kg	Consumo registrado de acuerdo a la prueba
Instrumentos de medición	
Sensor de temperatura (Data Logger)	2
Medidor de cantidad para agua fría	3
Medidor de cantidad para agua caliente	3
Reloj digital	2
Balanza electrónica	1
Tablero con hojas de registro	2

Fuente: Elaboración autores

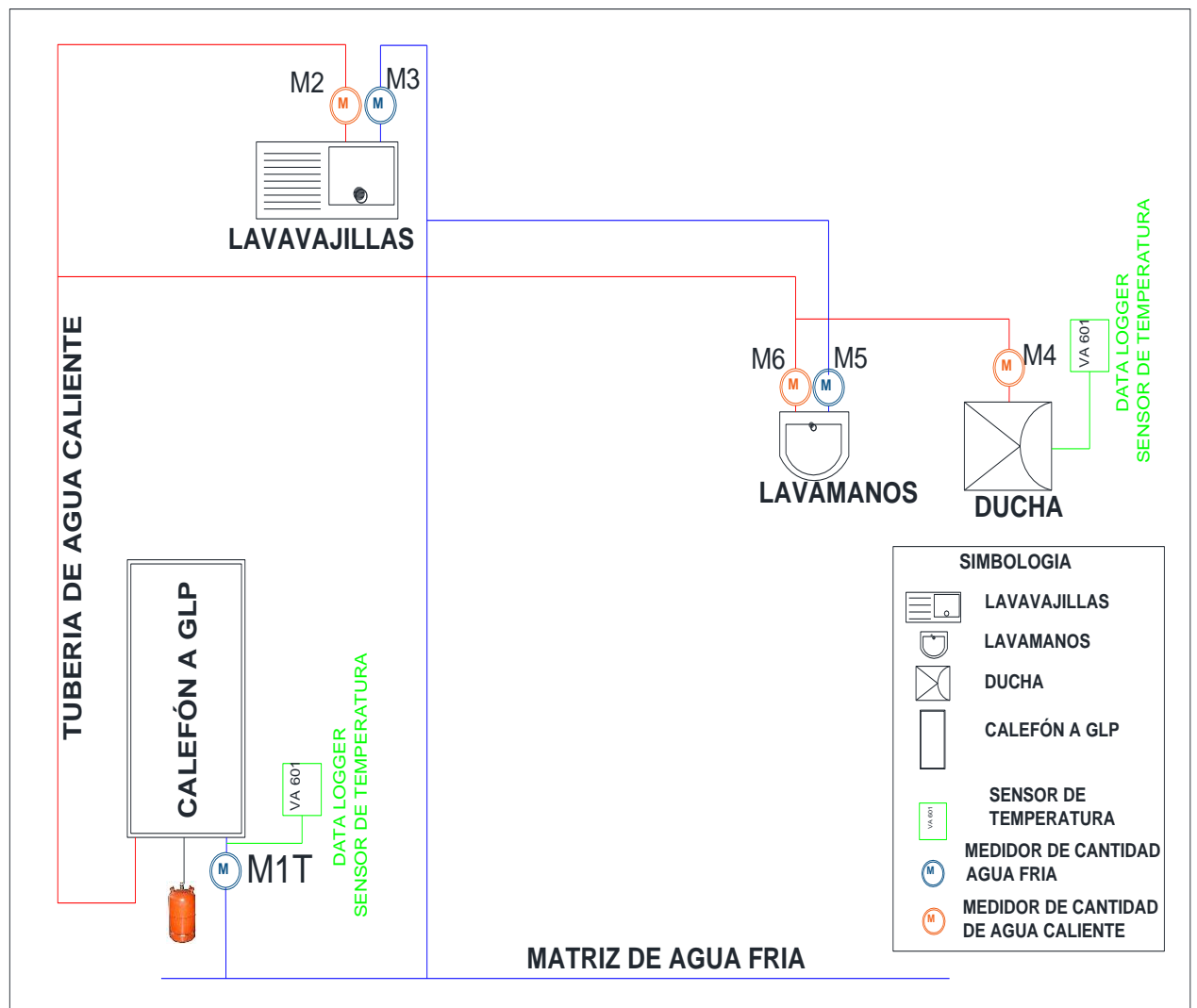


Figura 3.7 Instalación del calefón a GLP y los equipos de medición

Fuente: Elaboración autores

El calefón entregara agua caliente a los tres puntos de uso existentes dentro del departamento.



**Figura 3.8** Fotografía de la instalación del calefón a GLP y los equipos de medición

*Fuente: Fotografía capturada en el sitio de instalación*

### 3.2.2 Instalación de ducha eléctrica

Debido a las características de la ducha eléctrica que solo puede calentar en un solo punto de uso, se colocará calentadores de cocina instantáneos en los dos puntos restantes, para de esta manera dotar de agua caliente a todo el departamento.

Los equipos necesarios para esta prueba se muestran en la tabla 3.3, y la distribución de equipos se observa en la figura 3.9.

**Tabla 3.3** Lista de equipos para la instalación ducha eléctrica

Equipo	Cantidad
Ducha eléctrica	1
Calentadores de cocina instantáneos	2
Equipos de medición	
Sensor de temperatura (Data Logger)	2
Medidor de cantidad de agua	4
Medidor de cantidad de energía	1
Reloj digital	2
Tablero con hojas de registro	2

*Fuente: Elaboración autores*

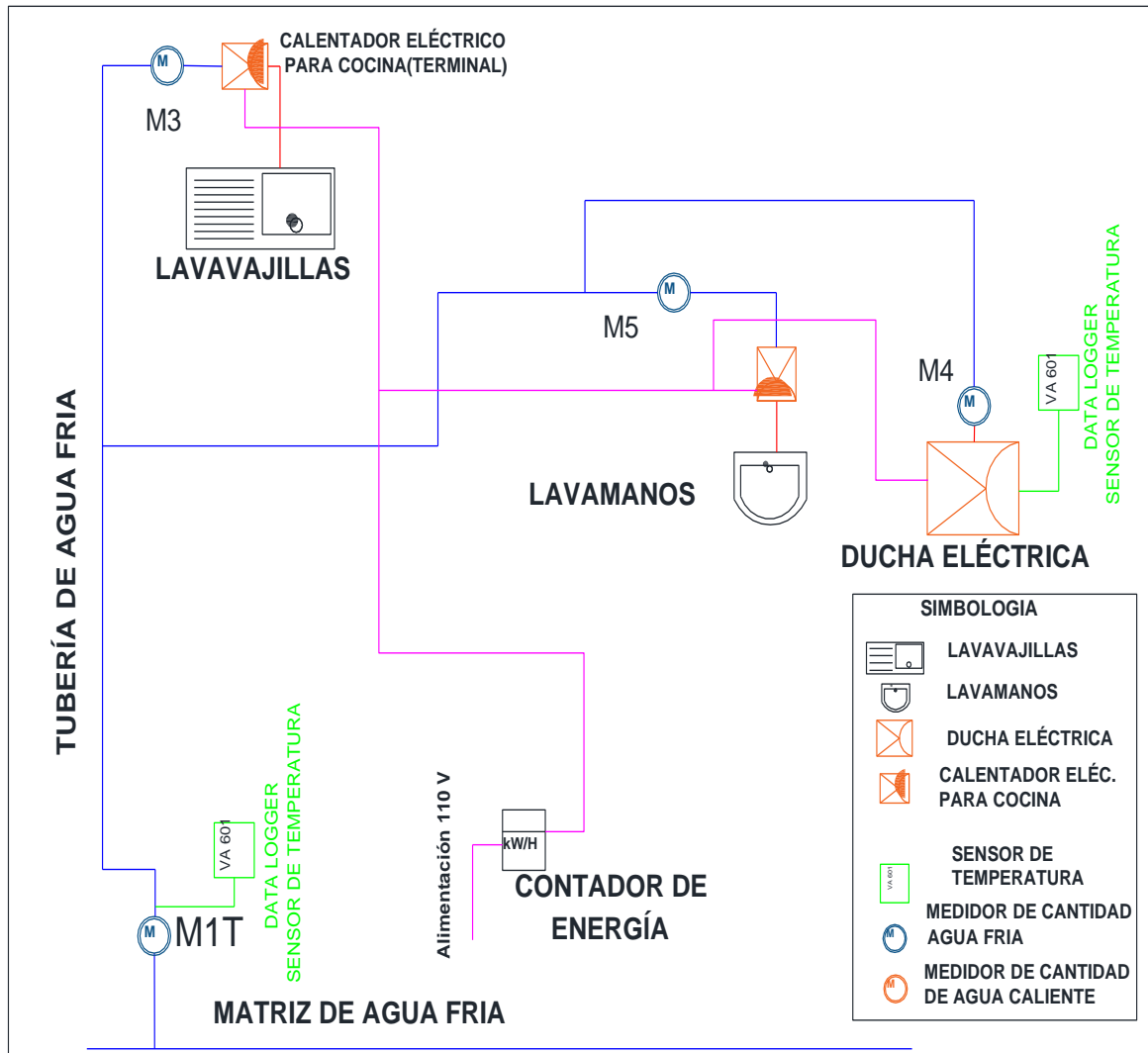


Figura 3.9 Instalación de la ducha eléctrica, calentadores instantáneos y los equipos de medición

Fuente: Elaboración autores



Figura 3.10 Fotografía de la instalación de la ducha eléctrica

Fuente: Fotografía capturada en el sitio de la instalación



### 3.2.3 Instalación del calefón eléctrico

El funcionamiento del calefón eléctrico es similar al calefón a GLP, en este caso cambia la fuente de alimentación de GLP a energía eléctrica, al igual entregara agua caliente a los 3 puntos de uso.

Los equipos necesarios para esta prueba se muestran en la tabla 3.4, y la distribución de equipos se observa en la figura 3.11.

**Tabla 3.4 Lista de equipos para la instalación del calefón eléctrico**

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>
Calefón eléctrico (calentador instantáneo)	1
<b>Equipos de medición</b>	
Sensor de temperatura (Data Logger)	2
Medidor de cantidad para agua fría	3
Medidor de cantidad para agua caliente	3
Reloj digital	2
Contador de energía 220V	1
Tablero con hojas de registro	2

**Fuente: Elaboración autores**

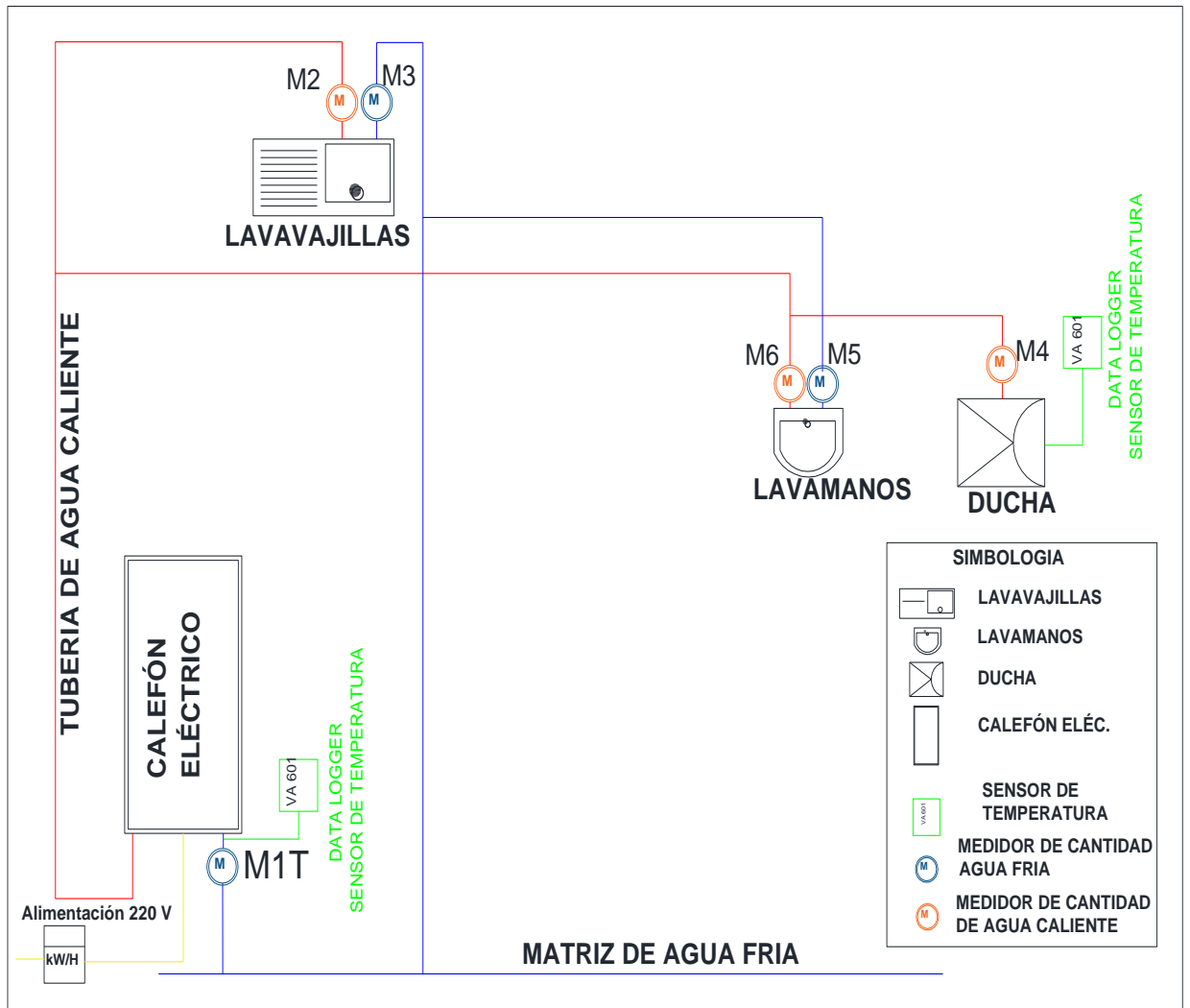


Figura 3.11 Instalación del calefón eléctrico y los equipos de medición

Fuente: Elaboración autores

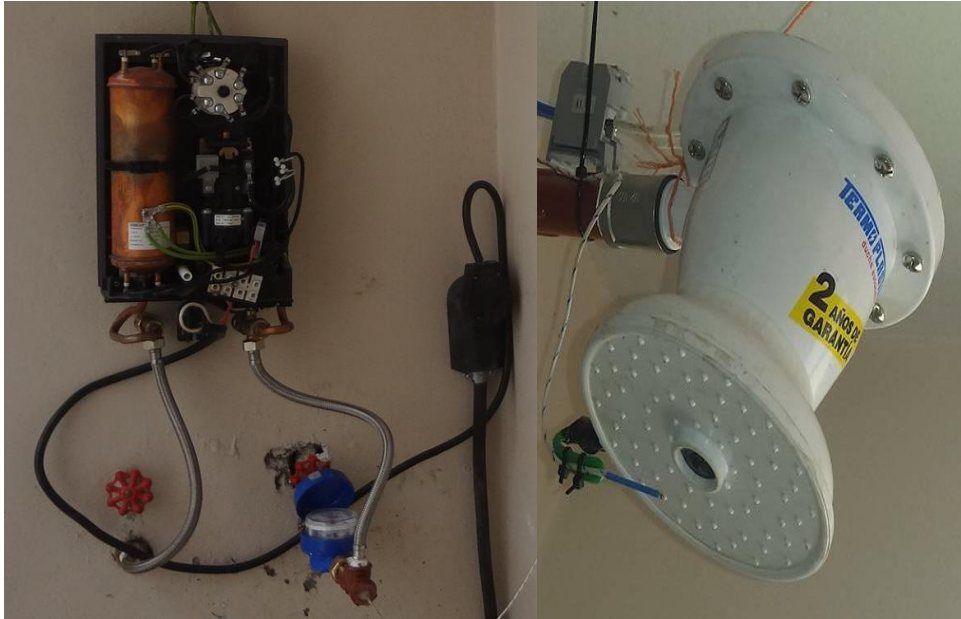


Figura 3.12 Fotografía de la instalación del calefón eléctrico y los equipos de medición

Fuente: Fotografía capturada en el sitio de instalación

### 3.2.4 Instalación del termotanque eléctrico

El termotanque eléctrico al igual que los calefones entrega agua caliente a los tres puntos de uso.

Los equipos necesarios para esta prueba se muestran en la tabla 3.5, y la distribución de equipos se observa en la figura 3.13.

Tabla 3.5 Lista de equipos necesarios para la instalación del Termotanque eléctrico

Equipo	Cantidad
Termotanque eléctrico	1
<b>Equipos de medición</b>	
Sensor de temperatura (Data Logger)	2
Medidor de cantidad para agua fría	3
Medidor de cantidad para agua caliente	3
Reloj digital	2
Contador de energía 220V	1
Tablero con hojas de registro	2

Fuente: Elaboración autores

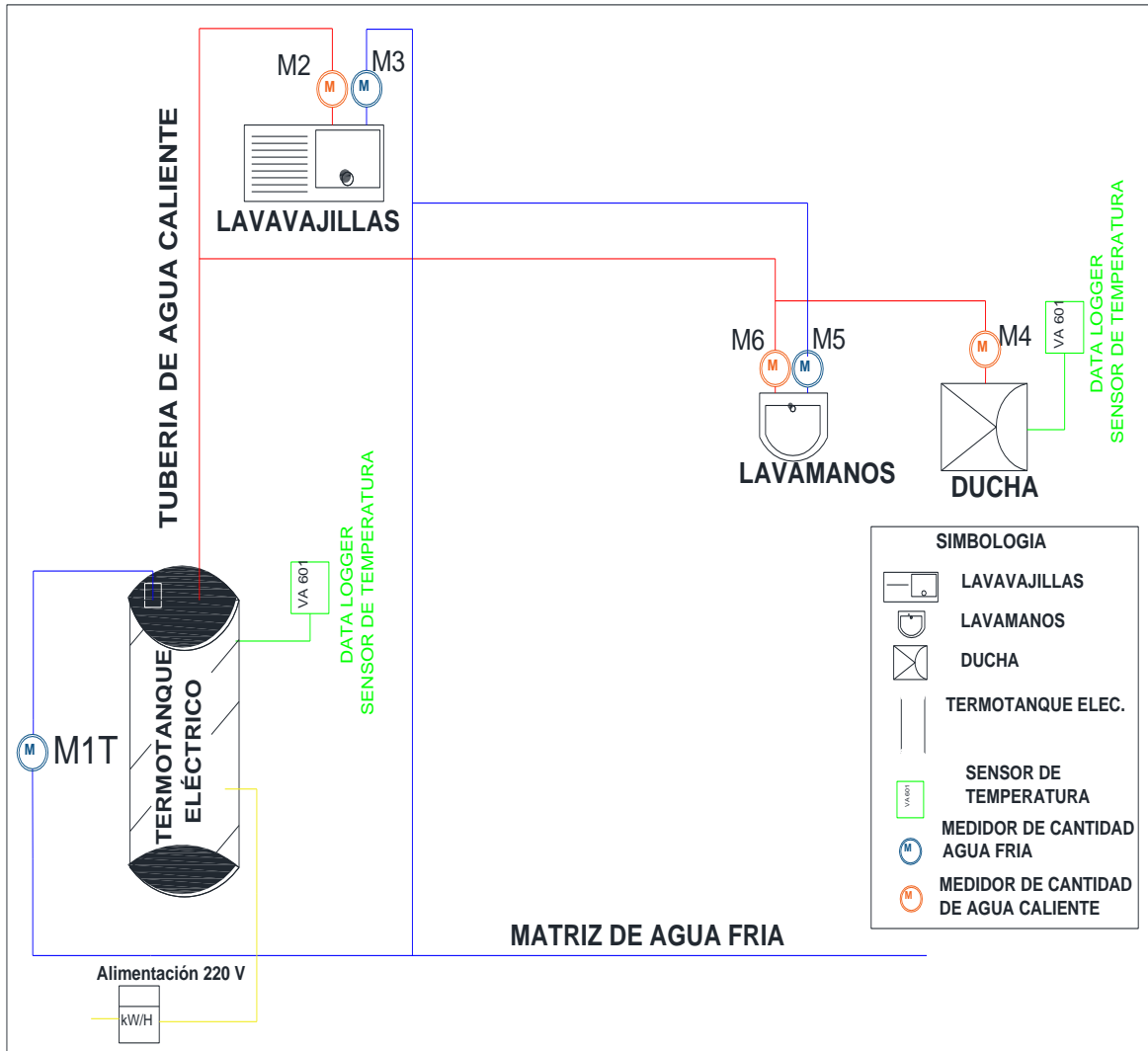


Figura 3.13 Instalación del termotanque eléctrico y los equipos de medición

Fuente: Elaboración autores



*Figura 3.14 Fotografía de la instalación del termotanque eléctrico y los equipos de medición*

*Fuente: Fotografía capturada en el sitio de instalación*

### 3.2.5 Instalación del sistema solar - eléctrico

Para la instalación de este sistema se debe tener en cuenta ciertos criterios técnicos para que el sistema sea eficiente.

**Ubicación:** Puesto que el sistema requiere de una estructura prevista y apropiada, generalmente es colocada en los techos de los hogares o en terrazas. En el departamento de pruebas se dispone de una terraza en donde se colocará el sistema.

**Ángulo de inclinación del calentador solar:** El sistema está previsto que tenga un funcionamiento continuo (todo el año), sin considerar las estaciones de invierno y verano, teniendo en cuenta estos aspectos el ángulo de inclinación del calentador solar será el mismo que la latitud del sitio donde será colocado. En el cantón Paute en donde se realiza el estudio las coordenadas GPS son:

Latitud: **-2.78333**    Longitud: **-78.7333**





El ángulo de inclinación del captador será  $-2.78333^\circ$  en dirección sur - norte, esta inclinación es por efectos de limpieza y para el para aprovechar al máximo la radiación solar.

**Orientación del calentador solar:** El cantón Paute está ubicado ligeramente en el hemisferio sur, por lo tanto el calentador solar estará dirigido hacia el norte.

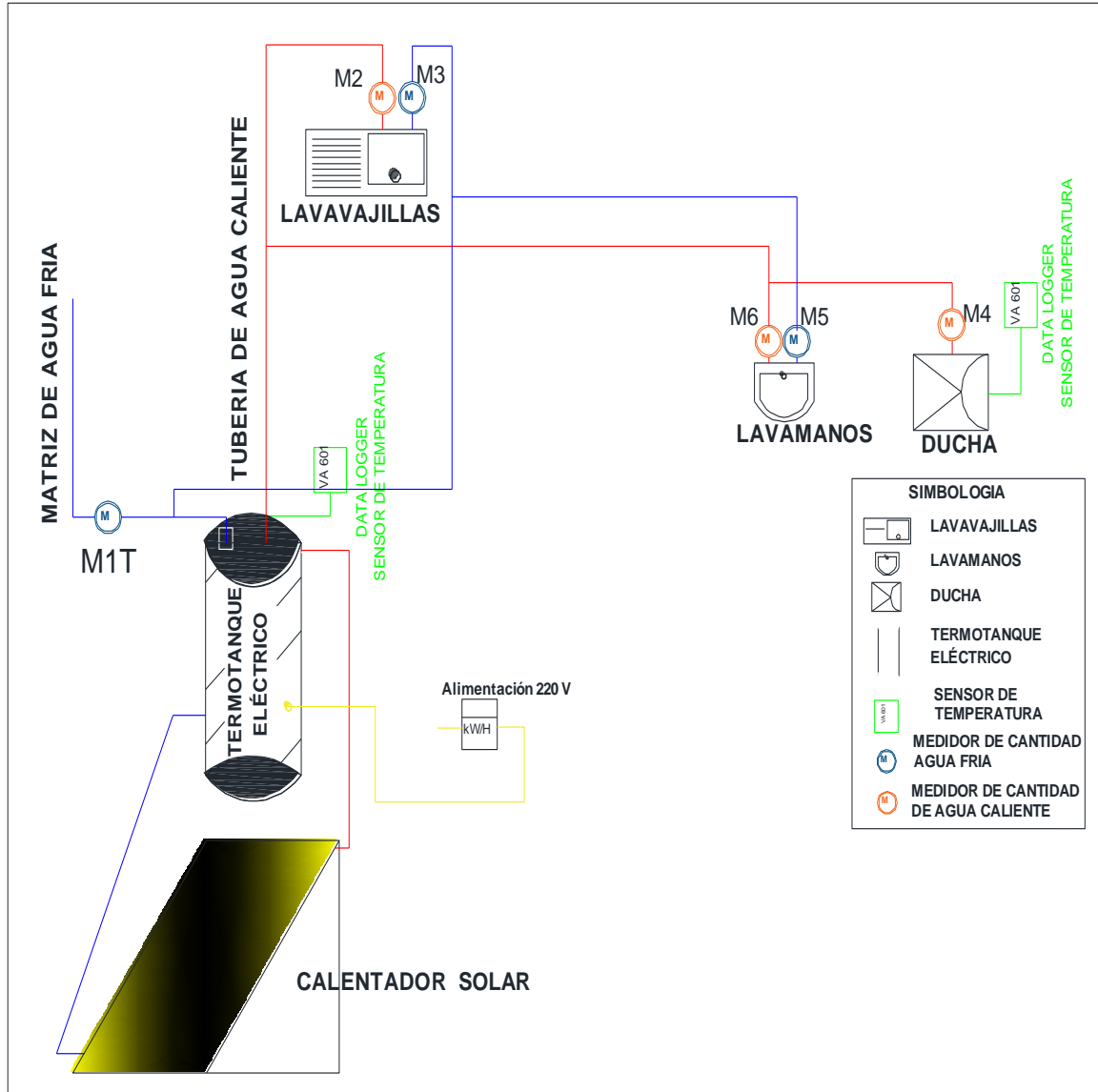
Este sistema cuenta con un respaldo eléctrico dentro del mismo termotanque, el cual además de almacenar el agua del calentador solar, tiene unas resistencias que ayudan en el calentamiento cuando las situaciones del clima son desfavorables, al igual que los calefones este sistema entrega agua caliente a los tres puntos de uso dentro del departamento.

Los equipos necesarios para esta prueba se muestran en la tabla 3.6, y la distribución de equipos se observa en la figura 3.15.

**Tabla 3.6 Lista de equipos para la instalación del sistema solar –**

Equipo	Cantidad
Termotanque eléctrico	1
Calentador solar	1
<b>Equipos de medición</b>	
Sensor de temperatura (Data Logger)	2
Medidor de cantidad para agua fría	3
Medidor de cantidad para agua caliente	3
Reloj digital	2
Contador de energía 220V	1
Tablero con hojas de registro	2

**Fuente: Elaboración autores**



**Figura 3.15** Instalación del sistema solar - eléctrico y los equipos de medición

**Fuente:** Elaboración autores



Figura 3.16 Fotografía de la instalación del sistema solar - eléctrico y los equipos de medición

Fuente: Fotografía capturada en el sitio de instalación

### 3.3 Registro de mediciones

Para el registro de mediciones se estima un lapso de tiempo de 20 días para cada una de las tecnologías puestas a prueba, siguiendo el cronograma establecido en la tabla 3.7.

Tabla 3.7 Cronograma de registro de mediciones

CRONOGRAMA DE INSTALACION Y REGISTRO DE MEDICIONES DE LOS SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA					
MESES		PERIODO DE INSTALACION		REGISTRO DE MEDICIONES	
		ABRIL - MAYO - JUNIO - JULIO - AGOSTO			
Nº	TECNOLOGÍAS	INICIO	FIN	INICIO DE PRUEBA	FIN DE PRUEBA
1	CALEFÓN A GLP	13/04/2016	15/04/2016	15/04/2016	05/05/2016
2	CALEFÓN ELÉCTRICO	08/05/2016	10/05/2016	10/05/2016	30/05/2016
3	TERMOTANQUE ELÉCTRICO	29/05/2016	30/05/2016	30/05/2016	19/06/2016
4	SOLAR - ELÉCTRICO	25/06/2016	29/06/2016	29/06/2016	19/07/2016
5	DUCHA ELÉCTRICA	19/07/2016	20/07/2016	20/07/2016	09/08/2016

Fuente: Elaboración autores

En el mercado ecuatoriano existe una limitada oferta de registradores de datos que relacione los parámetros a medir en este proyecto respecto al tiempo, el registro de la mayoría de datos medidos se lo realizará en forma manual, excepto las mediciones de temperatura.



**Registro de Temperatura:** Las mediciones de temperatura ambiente y del agua, serán monitoreadas constantemente mediante sensores de temperatura y almacenadas en un registrador de datos (data logger), para su posterior análisis, observar tabla 3.8.

*Tabla 3.8 Detalle de equipos de medición de temperatura*

Equipo de medición	Detalle	Datos a obtenerse
<b>Sensor de temperatura 1</b>	Medidor y registrador de temperatura del agua fría al ingreso del sistema. (Data Logger V601) 1.	Temperatura del agua y temperatura ambiente al ingreso del sistema de calentamiento de agua
<b>Sensor de temperatura 2</b>	Medidor y registrador de temperatura del agua caliente en el punto de consumo (ducha). (Data Logger V601) 2.	Temperatura del agua en el punto de consumo y temperatura ambiente; además nos permitirá registrar el tiempo y la hora que utiliza la ducha cada persona en el domicilio de pruebas.

*Fuente: Elaboración autores*

**Registro de cantidad de agua:** El consumo de agua caliente y agua fría, se medirá colocando un medidor de cantidad de agua en cada punto de uso como se detalla en la tabla 3.9.

*Tabla 3.9 Detalle de equipos de medición de cantidad de agua*

Equipo de medición	Detalle	Datos a obtenerse
<b>M1</b>	Medidor de agua fría (hasta 30°C), marca DH meters, se coloca a la entrada del sistema de calentamiento	Cantidad total de agua caliente utilizada en el departamento.
<b>M2</b>	Medidor de agua caliente (hasta 90°C) marca Genebre Ebro hot	Cantidad de agua caliente utilizada en el lavavajilla
<b>M3</b>	Medidor de agua (hasta 40°C) marca Elster	Cantidad de agua fría utilizada en el lavavajilla
<b>M4</b>	Medidor de agua caliente (hasta 90°C) marca Genebre Ebro hot	Cantidad de agua caliente en la ducha
<b>M5</b>	Medidor de agua (hasta 40°C) marca Elster	Cantidad de agua fría utilizada en el lavamanos
<b>M6</b>	Medidor de agua caliente (hasta 90°C) marca Genebre Ebro hot	Cantidad de agua caliente utilizada en el lavamanos.

*Fuente: Elaboración autores*

Para obtener los datos de tiempo de utilización de agua caliente en la ducha y el lavavajillas, se implementará cerca de cada punto de uso: un reloj digital, un tablero con la hoja de registro de datos, ver ANEXO 2 y un bolígrafo, para que el usuario tome nota de los parámetros requeridos.

La cantidad de energía eléctrica consumida por los sistemas de calentamiento que están en prueba, excepto el sistema que utiliza GLP, se registrara mediante un contador de energía el que nos permitirá conocer los kWh consumidos por cada sistema.

En el sistema que utiliza GLP se registrarán los kg de GLP consumidos mediante una balanza de alta precisión para luego transformarlos a equivalentes en kWh, analizarlos y realizar las comparaciones establecidas.

**Proceso de mediciones:** El proceso de mediciones consiste en registrar los datos cada 24 horas durante todo el periodo de pruebas, de esta manera se conoce el comportamiento diario de uso de agua caliente dentro del hogar, temperatura, cantidad de agua y la energía consumida por cada sistema. Los equipos de medición se resetean diariamente y los valores registrados son almacenados en una base de datos, observar ANEXO 3, para posteriormente ser analizados.

En las figuras 3.17 a 3.21 se muestran algunos ejemplos de los registros de mediciones.



**Figura 3.17 Fotografía del registro de consumo de GLP**

**Fuente: Fotografía capturada en el sitio de prueba**



**Figura 3.18 Fotografía del registro de consumo del total de agua caliente en el departamento**

**Fuente: Fotografía capturada en el sitio de prueba**



**Figura 3.19** Fotografía del registro de consumo de agua caliente en la ducha

**Fuente:** Fotografía capturada en el sitio de prueba



**Figura 3.20** Fotografía del registro de consumo de agua caliente en el lavavajillas

**Fuente:** Fotografía capturada en el sitio de prueba



**Figura 3.21** Fotografía del registro de temperatura ambiente, agua fría y agua caliente

**Fuente:** Fotografía capturada en el sitio de prueba



**Figura 3.22** Fotografía del registro de consumo de energía eléctrica

**Fuente:** Fotografía capturada en el sitio de prueba



## 4 CAPITULO IV: COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS

### 4.1 Análisis de resultados

Una vez culminado el registro de mediciones en el departamento de pruebas, se obtuvieron los siguientes resultados, ver tabla 4.1. Los datos se registraron en un periodo de 20 días por tecnología, y se ha proyectado a valores mensuales.

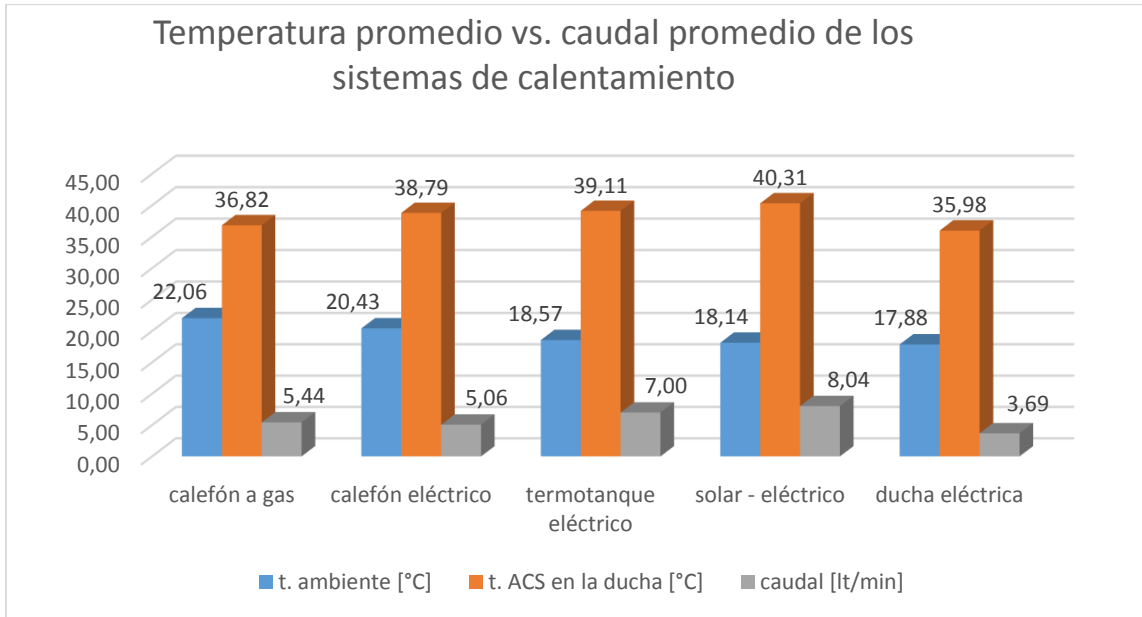
*Tabla 4.1 Valores del registro de mediciones durante un periodo de 20 días y proyectados a valores mensuales*

Tecnología	MEDIDO EN 20 DIAS					PROYECCIÓN A UN MES	
	ACS [litros]	Energía [kWh]	Lt/kWh	Temperatura promedio [°C]	Caudal promedio [lts/min]	ACS [litros]	Energía [kWh]
Calefón a gas	3988,75	120,85	33,01	36,82	5,44	5983,13	181,28
Calefón eléctrico	4162	122	34,11	38,79	5,06	6243,00	183,00
Termotanque eléctrico	4136,75	141	29,34	39,11	7,00	6205,13	211,50
Sistema solar - eléctrico	4494,7	136	33,05	40,31	8,04	6742,05	204,00
Ducha eléctrica	2418,29	43	56,24	35,98	3,69	3627,44	64,50
Calentador eléctrico de cocina	1798,05	38	47,32	32,45	2,44	2697,08	57,00
<b>promedio</b>						<b>6299,56</b>	

*Fuente: Datos medidos; elaboración autores*

En la figura 4.1 se presenta la temperatura y el caudal promedio del ACS que alcanzó cada sistema de calentamiento durante todo el periodo de pruebas.





**Figura 4.1 Temperatura promedio y caudal promedio de los sistemas de calentamiento de ACS**

*Fuente: Elaboración autores*

El promedio de consumo de agua caliente por tecnología proyectado a un mes es de 6300 litros aproximadamente. Se puede observar en la tabla 4.2, la cantidad de energía consumida en un mes por cada sistema, para un volumen de ACS proyectada de 6300 litros, recalcando que no todos los sistemas calientan el agua a la misma temperatura.

**Tabla 4.2 Resultado del registro de mediciones de los sistemas de calentamiento**

SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA				
PROMEDIO/MES				
	TECNOLOGÍA	kWh/mes	lt/kWh	Consumo lt/mes
1	C. a gas	190,88	33,01	6300
2	C. Eléctrico	184,67	34,11	6300
3	Termotanque	214,73	29,34	6300
4	Solar-eléctrico	190,62	33,05	6300
5	Ducha eléctrica	121,03	56,24	6300
	Calentador eléctrico de cocina		47,32	

*Fuente: Elaboración autores*

En el caso del calefón a GLP la energía consumida se ha convertido a equivalentes de kg de GLP a kWh. En la tabla 4.3 se muestran los kg necesarios para calentar el consumo promedio mensual de agua caliente sanitaria.

**Tabla 4.3 Resultado del registro de mediciones del consumo del calefón a GLP**

	kg GLP/mes	lt/kg de GLP	Consumo lt/mes
1 C. a gas	13,7	459,85	6300

*Fuente: Elaboración autores*

Como resultado relevante se obtiene la cantidad de agua caliente mensual que consume el departamento de pruebas, se realizan las comparaciones con un promedio mensual de 6300 lt/mes, para calentar esta cantidad de agua cada sistema consume una determinada cantidad de energía.

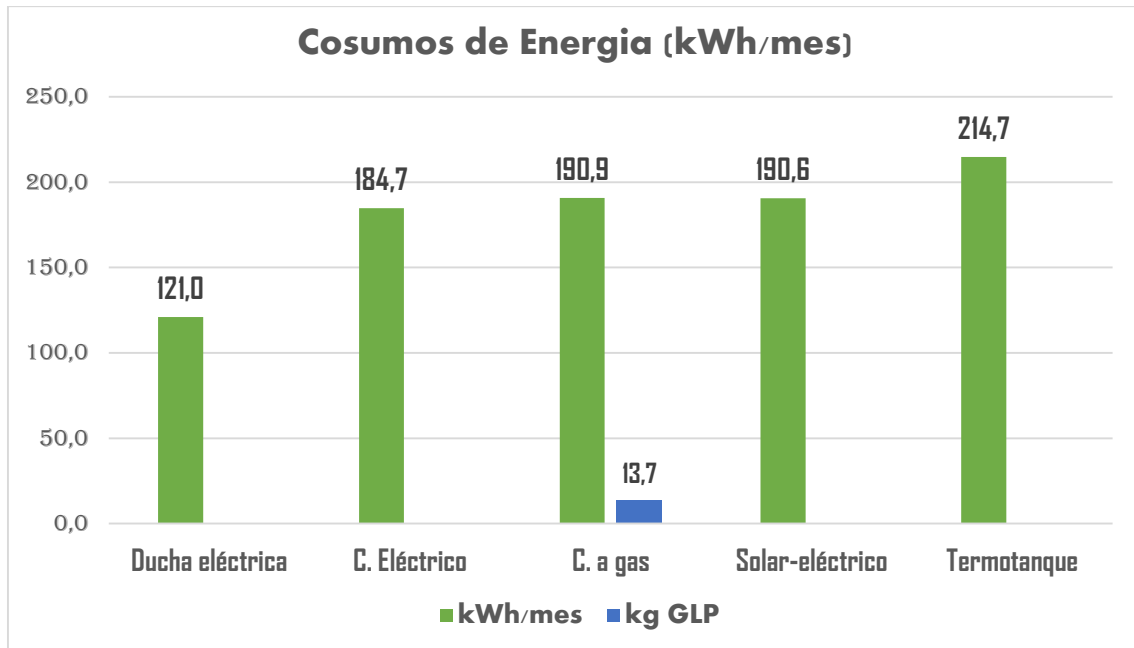
#### **4.2 Evaluación de consumo de energía por sistema**

El consumo de energía representa el consumo por operación del sistema, para contabilizarlos y realizar las comparaciones respectivas se representan en valores mensuales (kWh/mes) para los sistemas eléctricos y (kg de GLP/mes) para el calefón a gas. En este último caso se realiza una conversión transformándolo de kg de GLP a equivalentes en kWh (1 kg de glp=13,92kWh)<sup>43</sup>.

La cantidad de energía consumida es diferente dependiendo del tipo de sistema que se esté empleando para el calentamiento de agua. Se puede observar en la figura 4.2 que la ducha eléctrica es el sistema que consume menos energía eléctrica 121,03 kWh/mes a diferencia del termotanque eléctrico que consume 214,73 kWh/mes. La ducha eléctrica tiene el costo de operación más bajo con respecto a los demás sistemas, pero se obtiene un limitado caudal para producir ACS a una temperatura adecuada, la temperatura promedio de agua caliente durante las pruebas fue de 35,98°C a un caudal de 3,69 lt/min, inferior a la temperatura considerada óptima para un baño confortable que está en el rango de 38°C a 43°C.

En el calefón a gas se puede observar un consumo de 13,7 kg de GLP mensuales que transformados a equivalente en kWh representan un consumo de 190,62 kW/mes.

<sup>43</sup> <https://issuu.com/cieepi.ecuador/docs/revista25/10>; Pagina 12

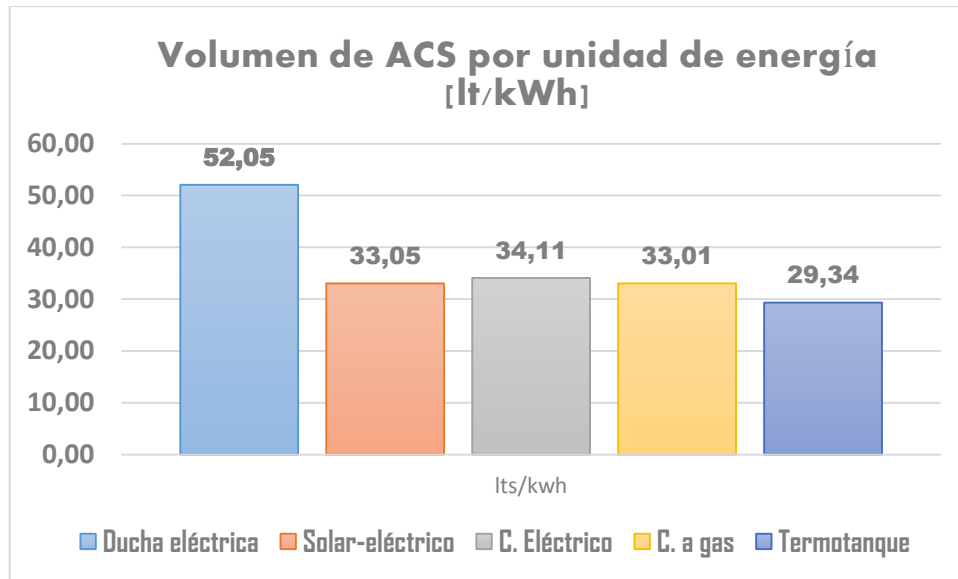


*Figura 4.2 Energía mensual consumida por los sistemas de calentamiento*

*Fuente: Elaboración autores*

### 4.3 Evaluación de la capacidad de calentamiento por consumo de energía de cada sistema

Para realizar esta evaluación se considera la cantidad de litros que calienta cada sistema por kWh de energía consumido, debido a que la ducha es el sistema que menos energía (kWh) consume al mes es el sistema que más litros calienta por kilovatio hora, 52,05 lt/kWh, por otro lado el termotanque que es el sistema que consume mayor energía en kWh mensuales, calienta menos litros por kilovatio hora 29,34 lt/kWh, figura 4.2. El calefón a gas en equivalentes de kWh consume 190,62 kWh/mes y tendría una capacidad de calentamiento de 33,01 lt/kWh.



**Figura 4.3 Volumen de agua por kWh consumido**

*Fuente: Elaboración autores*

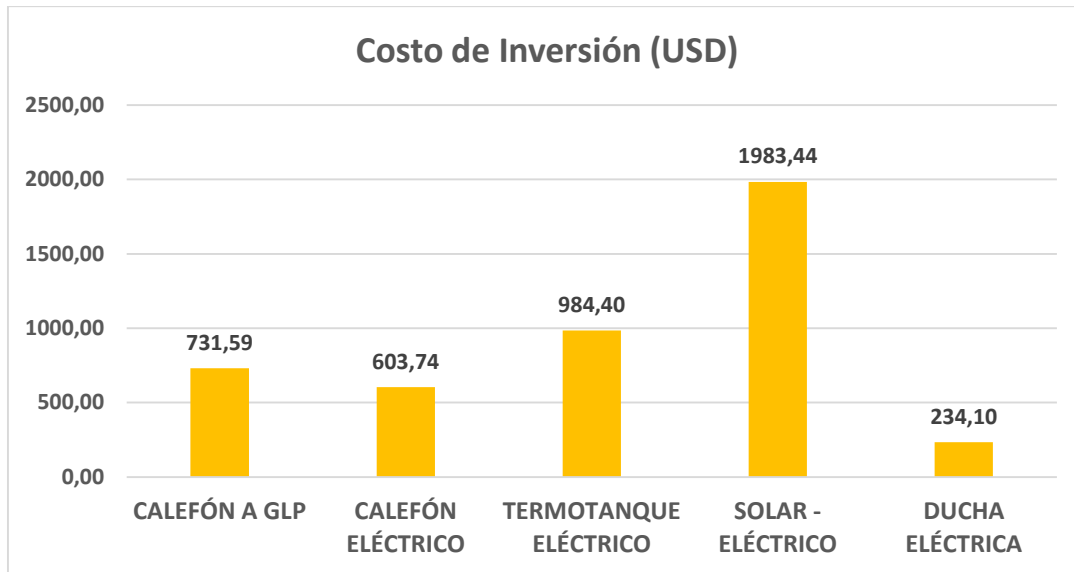
La cantidad de litros de ACS por kilovatio hora se obtuvo de acuerdo a los hábitos de consumo, pero la ducha eléctrica con el caudal que frecuentaban utilizar solo podía alcanzar una temperatura promedio de 35,98°C, a diferencia de los demás sistemas que alcanzan temperaturas superiores.

#### **4.4 Evaluación de costos**

El costo de cada sistema depende del costo de inversión, el costo de operación y el costo de mantenimiento, todos los costos se detallan en el ANEXO 4.

##### **4.4.1 Costos de inversión por sistema**

El costo de inversión es directamente el costo del equipo más los accesorios para la instalación, la ducha eléctrica tiene el costo de inversión más bajo 234,10 USD mientras que el sistema solar – eléctrico presenta el costo más elevando 1983,44 USD, como se observa en la figura 4.3.



**Figura 4.4 Costos de inversión de cada sistema de calentamiento**

*Fuente: Elaboración autores*

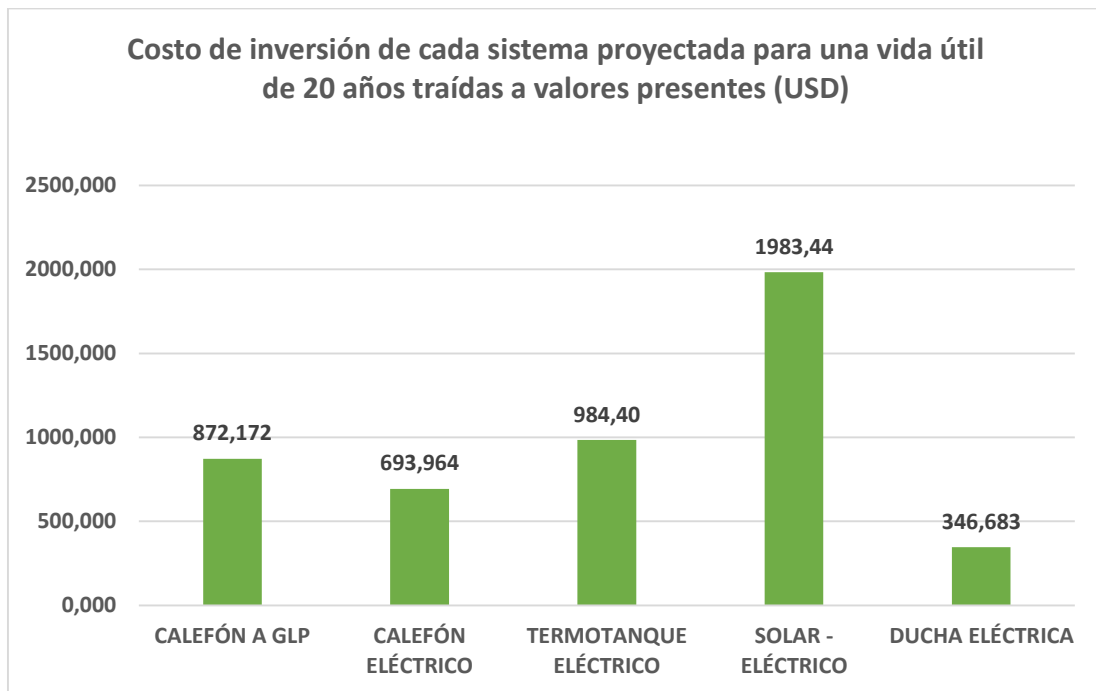
Dentro de todas las tecnologías hay que considerar que el sistema de termotanque y el sistema solar eléctrico tienen una vida útil de 20 años, los calefones tanto eléctrico como a GLP su vida útil es de 10 años y la ducha eléctrica de 5 años, por lo tanto para tener una referencia de inversión inicial todos los sistemas se proyectan para una vida útil de 20 años, es decir considerando que la ducha eléctrica se reemplazará cuatro veces el equipo en el periodo proyectado y los calefones dos veces. Todos estos valores futuros se los trae a valores presentes para poder compararlos, se considera una tasa de interés de 16,9%<sup>44</sup>, esta tasa viene establecida por el Banco central del Ecuador, ver tabla 4.3.

**Tabla 4.4 Costo de inversión de cada sistema durante una vida útil con proyección a 20 años traídas a valores presentes**

Costo de inversión de cada sistema para una proyección de vida útil de 20 años	
Inversión (USD)	
CALEFÓN A GLP	872,17
CALEFÓN ELÉCTRICO	693,96
TERMOTANQUE ELÉCTRICO	984,42
SOLAR - ELÉCTRICO	1983,44
DUCHA ELÉCTRICA	346,68

*Fuente: Elaboración autores*

<sup>44</sup> Tasas de interés, Banco Central del Ecuador  
<https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>



**Figura 4.5 Costo de inversión de cada sistema durante una vida útil con proyección a 20 años traídas a valores presentes**

*Fuente: Elaboración autores*

#### 4.4.2 Costos de operación por sistema

El costo por operación de cada sistema se presenta en cargos tarifarios mensuales por consumo de energía, ver figura 4.5. EL costo por kWh está en base a las tarifas establecidas por el ARCONEL detalladas en el *Capítulo 1 ítem 1.2.4*; se observa que la ducha eléctrica es la que tiene menor tarifa mensual 11,74 USD y el termotanque eléctrico 21,26 USD estos representan el valor mínimo y máximo entre todas las tecnologías.

En el caso del calefón a gas se muestran dos barras la primera representa el cargo tarifario mensual de la energía transformada a equivalentes de kg de GLP a kW **18,51** USD, y la segunda barra representa el valor mensual por consumo de GLP **10,96** USD, este viene a ser el valor real que paga el usuario que tiene el sistema de calentamiento a GLP, considerando el costo del cilindro de GLP de 15 kg a 12,00 USD sin aplicar el subsidio<sup>45</sup>.

<sup>45</sup> Revista PERSPECTIVA, Las cifras del gas en Ecuador, publicada en Marzo del 2008. <http://investiga.ide.edu.ec/index.php/revista-perspectiva/114-marzo-2008/625-las-cifras-del-gas-en-ecuador>, consulta realizada 26/09/2016

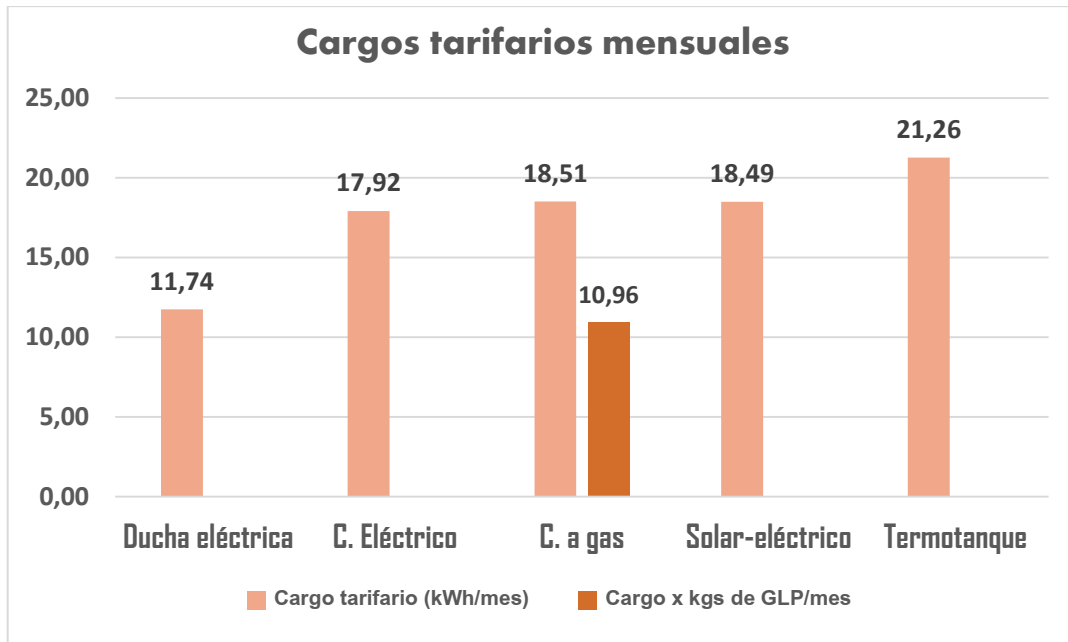


Figura 4.6 Costos de operación de cada sistema de calentamiento

Fuente: Elaboración autores

#### 4.4.3 Costos de mantenimiento por sistema

El costo de mantenimiento depende del tipo de sistema que se utilice, generalmente el mantenimiento se lo realiza en periodos de tiempo amplios mayores a un año, los valores de costo se lo ha representado en costos mensuales, ver tabla 4.5 ya que está directamente relacionado con el costo de operación.

Tabla 4.5 Costo de mantenimiento mensual de cada sistema

	Costo Mantenimiento (USD/mensual)
1 CALEFÓN A GLP	2,58
2 CALEFÓN ELÉCTRICO	1,66
3 TERMOTANQUE ELÉCTRICO	5,66
4 SOLAR - ELÉCTRICO	6,50
5 DUCHA ELÉCTRICA	1,11

Fuente: Elaboración autores

#### 4.5 Presentación de resultados

Dentro de las tecnologías empleadas para el calentamiento de agua, se distinguen los resultados, tales como los costos de inversión, operación y mantenimiento. Por costos de operación se entiende el pago por consumo de energía, los valores se los ha representado anualmente, ver tabla 4.6.

**Tabla 4.6 Costos anuales de operación y mantenimiento por sistema**

		Costo Inversión USD	Costo Operación (USD/año)		Costo Mantenimiento (USD/año)
			Valor en equivalentes de kg GLP - kW	Valor real por consumo de GLP	
1	CALEFÓN A GLP	731,59	222,15	131,52	31,00
2	CALEFÓN ELÉCTRICO	603,74	214,99		20,00
3	TERMOTANQUE ELÉCTRICO	984,40	255,09		68,00
4	SOLAR - ELÉCTRICO	1983,44	221,88		78,00
5	DUCHA ELÉCTRICA	121,50	140,89		15,00

*Fuente: Elaboración autores*

Analizando directamente el costo de operación de cada sistema, es decir enfocándonos al valor por consumo de GLP y consumo de energía eléctrica, se observa la tabla 4.7.

**Tabla 4.7 Costo de operación de los tipos de sistemas de calentamiento de ACS, representados anualmente**

	Costo Operación (USD/mensual)	Costo Operación (USD/año)
CALEFÓN A GLP	10,96	131,52
CALEFÓN ELÉCTRICO	17,92	214,99
TERMOTANQUE ELÉCTRICO	21,26	255,09
SOLAR - ELÉCTRICO	18,49	221,88
DUCHA ELÉCTRICA	11,74	140,89

*Fuente: Elaboración autores*

Se puede notar que el calefón a GLP tiene el costo de operación inferior al resto de los sistemas, los 131,52 USD representa el valor a pagar por consumo de GLP sin subsidio, considerado a 12,00 USD el cilindro de 15 kg.

Considerando todos los costos: inversión, operación y manteniendo de cada sistema puestos a prueba, se realiza una proyección de costos para una vida útil del sistema en un periodo de 20 años. Este lapso de tiempo se toma en base a los sistemas (termotanque y solar eléctrico) los cuales tienen la vida útil más larga (20 años), a diferencia de los calefones que tienen una vida útil de 10 años y la ducha eléctrica de 5 años.



En la tabla 4.8 se muestran los resultados debido a la proyección, teniendo en cuenta que se empleó una tasa de interés de 0,169<sup>46</sup> para referirlos a valores presentes, el detalle de estos cálculos se observa en el ANEXO 5.

**Tabla 4.8 Costos proyectados de cada sistema de calentamiento para una vida útil de 20 años**

	Calefón a gas	Calefón eléctrico	Termotanque eléctrico	Solar - Eléctrico	Ducha eléctrica
<b>Inversión (USD)</b>	731,59 USD	603,74	984,4 USD	1983,44	234,10
<b>Operación (USD)</b>	162,52 USD	234,96	323,10 USD	299,88	155,87
<b>Costos traído a valores presentes (USD)</b>	<b>1665,63</b>	<b>1950,90</b>	<b>2611,58</b>	<b>3326,30</b>	<b>1236,57</b>

*Fuente: Elaboración autores*

Como resultados se obtuvo que el sistema solar – eléctrico tiene el costo más elevado 3326,30 USD durante toda su vida útil, esto se debe al alto costo de inversión inicial, pero es el sistema que presenta una gran eficiencia, tanto en temperatura como en caudal al momento de producir ACS.

La ducha eléctrica tiene el costo inferior a todos los sistemas 1236,57 USD, pero es el sistema que ofrece menor eficiencia en caudal y temperatura, a esto se suma que el sistema de ducha eléctrica se debe reemplazar 4 veces durante los 20 años de vida útil proyectados.

Los calefones eléctrico y a gas, tienen un costo de 1950,90 USD y 1665,63 USD respectivamente, se consideran eficientes, pero se tienen que reemplazar 2 veces durante los 20 años de proyectados a todos los sistemas.

Las nuevas tecnologías, como son: el termotanque eléctrico y el sistema solar – eléctrico, ofrecen una larga vida útil (20 años), son altamente eficientes pero en la actualidad presentan altos costos de inversión.

<sup>46</sup> Tasas de interés, Banco Central del Ecuador  
<https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>

#### 4.5.1 Presentación de resultados en base a las encuestas

En base al Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010 el número habitantes del cantón Paute fue de 25494 habitantes, distribuidos en un total de **6890** hogares. Las encuestas realizadas direccionaron a que las tecnologías empleadas para el calentamiento de agua predominantes en el cantón son: **30,1%** utilizan calefón a GLP correspondiente a 2074 hogares y el **52,1%** utilizan ducha eléctrica a esto les corresponde 3590 hogares como se observa en la tabla 4.9.

*Tabla 4.9 Tipos de tecnologías para el calentamiento de ACS que utilizan los hogares del cantón Paute*

	Total de hogares del Cantón Paute	% de uso de cada tecnología	# hogares que tienen este sistema
<b>CALEFÓN A GLP</b>	6890	30,1	2074
<b>DUCHA ELÉCTRICA</b>		52,1	3590

*Fuente: Elaboración Autores*

De esta manera se puede calcular los kg de GLP que consume el cantón Paute por concepto de calentamiento de agua para uso doméstico, basándonos en los resultados de las encuestas, que el 71% de los hogares que tienen calefón a gas consumen un promedio de 1 cilindro de GLP mensual, ver tabla 4.10.

*Tabla 4.10 Cantidad en kg de GLP consumidos por los hogares del cantón Paute que tienen instalado el sistemas de calefón a gas*

Kg DE GLP CONSUMIDOS EN EL CANTÓN PAUTE POR CONCEPTO DE CALENTAMIENTO DE AGUA (Valores mensuales)				
# De hogares	Consumo*hogar (kg de GLP)	Total de consumo (kg)	Cost. con subsidio USD	Cost sin subsidio USD
2074	15	31110	4148,00	24888,00

*Fuente: Elaboración autores*

Esto genera al país un gasto de 20740 USD mensuales por concepto de subsidio de GLP utilizado para el calentamiento de agua sanitaria en el cantón Paute.

*Tabla 4.11 Valor mensual por concepto de subsidio al GLP para el calentamiento de agua en el cantón paute*

Valor del subsidio USD/mensuales		
Costo con subsidio	Costo sin Subsidio	Valor del subsidio
4148	24888	20740

*Fuente: Elaboración autores*

Analizando los hogares que tiene ducha eléctrica que corresponde al 51,2% equivalente a 3590 hogares y efectivamente solo utilizan agua caliente en un solo punto, considerando el promedio de habitantes por hogar de 4 personas, la ducha se utiliza 12 veces por semana y el consumo de agua caliente es de 50lts por persona durante un tiempo de utilización de 10 minutos. La cantidad de agua caliente total consumida es **2400** litros mensuales, para calentar esta cantidad de agua se requiere de **62,4 kWh/mes**, ver tabla 4.12.

*Tabla 4.12 Consumo y costo de kWh mensuales utilizados para el calentamiento de agua en una familia conformada por 4 personas*

Consumo de lts/mensual	Consumo de kWh/mes	Costo de kWh/mes (USD)
<b>2400</b>	<b>62,4</b>	<b>6,05</b>

*Fuente: Elaboración autores*

#### 4.6 Comparación económica y energética entre tecnologías.

Para realizar esta comparación se considera el costo por consumo de energía (consumo mensual) y también la eficiencia de los sistemas puestos a prueba.

##### 4.6.1 Comparación de sistemas por cargos tarifarios mensuales

El consumo de energía es un factor determinante para elegir el tipo de sistema para el calentamiento de agua de uso sanitario, el valor por el consumo de energía se refleja mensualmente en las planillas eléctricas, en el caso del calefón a gas se representa en costo por kg de GLP consumidos.

Se toma como ejemplo la planilla de consumo de energía eléctrica de la vivienda en donde se realizó las pruebas, ver tabla 4.13.

*Tabla 4.13 Planilla de consumo de energía eléctrica*

ULTIMA FACTURA(DET)			
RUBRO	FACTURADO	PAGADO	A PAGAR
CONTRIBUCION BOMBEROS 3109-A	1,83	0,00	1,83
CARGO POR COMERCIALIZACION	1,41	0,00	1,41
CARGO POR ENERGIA	23,85	0,00	23,85
INTERES SERVICIO ALUMBRADO PUBLICO GENERAL	0,02	0,00	0,02
INTERES COMERCIALIZACION	0,01	0,00	0,01
INTERES VENTA DE ENERGIA	0,16	0,00	0,16
GESTION DE COBRO	3,00	0,00	3,00
SERVICIO ALUMBRADO PUBLICO GENERAL	3,19	0,00	3,19
SUBSIDIO DE CONSUMO.	2,53	0,00	2,53
<b>TOTAL:</b>	<b>36,00</b>	<b>0,00</b>	<b>36,00</b>

*Fuente: Consulta de planillas; Centrosur*



El costo generado por consumo mensual de energía eléctrica por concepto de calentamiento de ACS, con cada sistema se muestra en las tablas 4.14 a 4.17, se detalla el cargo por consumo de energía, el cargo por comercialización, el subsidio por consumo, alumbrado público y la contribución a bomberos.

El cargo por consumo de energía representa el costo por los kWh consumidos.

El cargo por comercialización es un valor fijo para el sector residencial **1,414 USD**.

El subsidio por consumo se aplica a usuarios que consumen menos de 100 kWh mensuales, si el usuario sobrepasa este valor, el subsidio viene a ser una penalización por consumo que representa el 10,5 % del valor de cargo por consumo de energía.

El pago del alumbrado público para el sector residencial representa el 14%<sup>47</sup> del valor de cargo por consumo de energía.

La contribución a bomberos es un valor fijo de 1,83 \$<sup>48</sup> establecidos para el sector residencial.

**Tabla 4.14 Cargo tarifario mensual con el sistema de ducha eléctrica**

TIPO DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO	DUCHA ELÉCTRICA
<b>Tarifas mensuales de consumo eléctrico (USD)</b>	
<b>Cargo por consumo de energía</b>	11,74
<b>cargo por comercialización</b>	1,414
<b>Subsidio por consumo</b>	1,41
<b>Alumbrado público</b>	1,88
<b>Contribución a Bomberos</b>	1,83
<b>TOTAL</b>	<b>17,86</b>

*Fuente: Elaboración autores*

<sup>47</sup>Centrosur; <http://www.centrosur.gob.ec/?q=node/5>

<sup>48</sup>Centrosur; <http://www.centrosur.gob.ec/?q=node/5>



Tabla 4.15 Cargo tarifario mensual con el sistema del calefón eléctrico

TIPO DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO	CALEFÓN ELÉCTRICO
Tarifas mensuales de consumo eléctrico (USD)	
Cargo por consumo de energía	17,92
cargo por comercialización	1,414
Subsidio por consumo	1,88
Alumbrado público	2,51
Contribución a Bomberos	1,83
<b>TOTAL</b>	<b>25,55</b>

Fuente: Elaboración autores

Tabla 4.16 Cargo tarifario mensual con el sistema de termotanque eléctrico

TIPO DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO	TERMOTANQUE
Tarifas mensuales de consumo eléctrico (USD)	
Cargo por consumo de energía	21,26
cargo por comercialización	1,414
Subsidio por consumo	1,93
Alumbrado público	2,58
Contribución a Bomberos	1,83
<b>TOTAL</b>	<b>29,71</b>

Fuente: Elaboración autores

Tabla 4.17 Cargo tarifario mensual con el sistema solar – eléctrico

TIPO DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO	SOLAR - ELÉCTRICO
Tarifas mensuales de consumo eléctrico (USD)	
Cargo por consumo de energía	18,49
cargo por comercialización	1,414
Subsidio por consumo	1,73
Alumbrado público	2,31
Contribución a Bomberos	1,83
<b>TOTAL</b>	<b>26,26</b>

Fuente: Elaboración autores

En el caso del calefón a gas el valor mensual que representa es solamente por el consumo de kg de GLP, observar tabla 4.18.

Tabla 4.18 Cargo tarifario mensual con el sistema de calefón a gas

TIPO DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO	CALEFÓN A GLP
Valores mensuales de consumo de GLP (USD)	
Cargo por consumo de Kg de GLP	10,96
TOTAL	10,96

Fuente: Elaboración autores

#### 4.6.2 Comparación de simultaneidad entre tecnologías

Para realizar esta comparación se consideraron los siguientes aspectos: Temperatura, caudal y tiempo.

Se procedió de la siguiente manera: se estableció un rango de temperatura 38°C a 40°C en el punto de uso de agua caliente, por un lapso de 10 minutos y se determinó el caudal máximo que podía calentar cada tecnología a esa temperatura, de esta manera se puede establecer la capacidad de calentamiento de cada tecnología y conocer su eficiencia.

En la vivienda de pruebas se considera que no se puede obtener más de **10,71 lt/min**, puesto que este es el caudal máximo de la red de distribución de agua en el sector, en la figura 4.7 se observa la presión de agua en la red, aproximadamente 70 lb/in<sup>2</sup>.



Figura 4.7 Presión de agua a la red

Fuente: Fotografía capturada en el sitio de pruebas

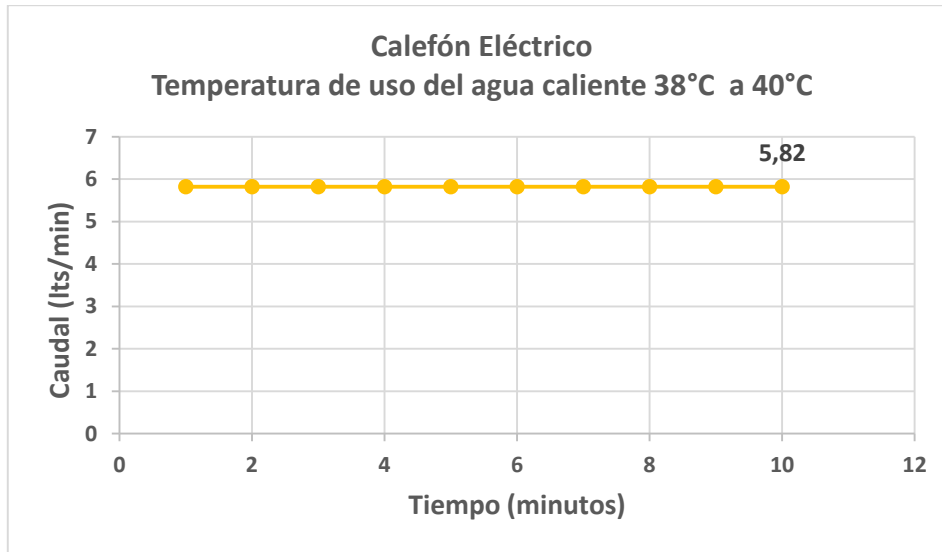
##### 4.6.2.1 Prueba de eficiencia del calefón eléctrico

Se establece la temperatura de salida, y se determina que el caudal máximo que puede calentar es de **5,82 lt/min**, siendo este caudal suficiente para 2 puntos de uso de manera simultánea con una ligera variación de temperatura (baja la temperatura).

**Tabla 4.19 Resultados de la prueba de simultaneidad al calefón eléctrico**

<b>PRUEBA DE SIMULTANEIDAD</b>	
<b>Calefón eléctrico</b>	
Temperatura agua fría	18,3°C
Temperatura ambiente	23,8°C
Temperatura de uso de agua caliente	38°C a 40°C
Caudal max. de salida	5,82 lt/min

*Fuente: Elaboración autores*



**Figura 4.8 Prueba de simultaneidad del calefón eléctrico**

*Fuente: Elaboración autores*

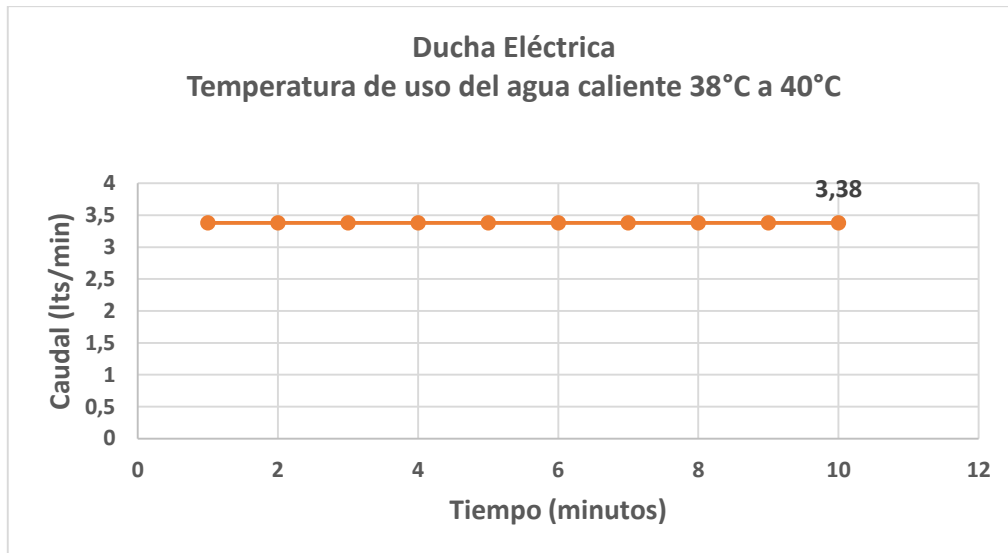
#### 4.6.2.2 Prueba de eficiencia a la ducha eléctrica

La ducha eléctrica es un calentador instantáneo para un solo punto de uso, en el caso de las viviendas que tienen 2 o más puntos de uso de agua caliente es necesario instalar de manera independiente en todos los puntos que se requiera. La ducha eléctrica es el sistema que menos caudal produce al rango de temperatura establecido **3,38 lt/min** de entre todos los comparados.

**Tabla 4.20 Resultados de la prueba de simultaneidad al calefón eléctrico**

<b>PRUEBA DE SIMULTANEIDAD</b>	
<b>Ducha eléctrica</b>	
Temperatura agua fría	18,3°C
Temperatura ambiente	23,9°C
Temperatura de uso de agua caliente	39°C a 40°C
Caudal max. de salida	3,38 lt/min

*Fuente: Elaboración autores*



*Figura 4.9 Prueba de simultaneidad de la ducha eléctrica*

*Fuente: Elaboración autores*

#### 4.6.2.3 Prueba de eficiencia del calefón a GLP

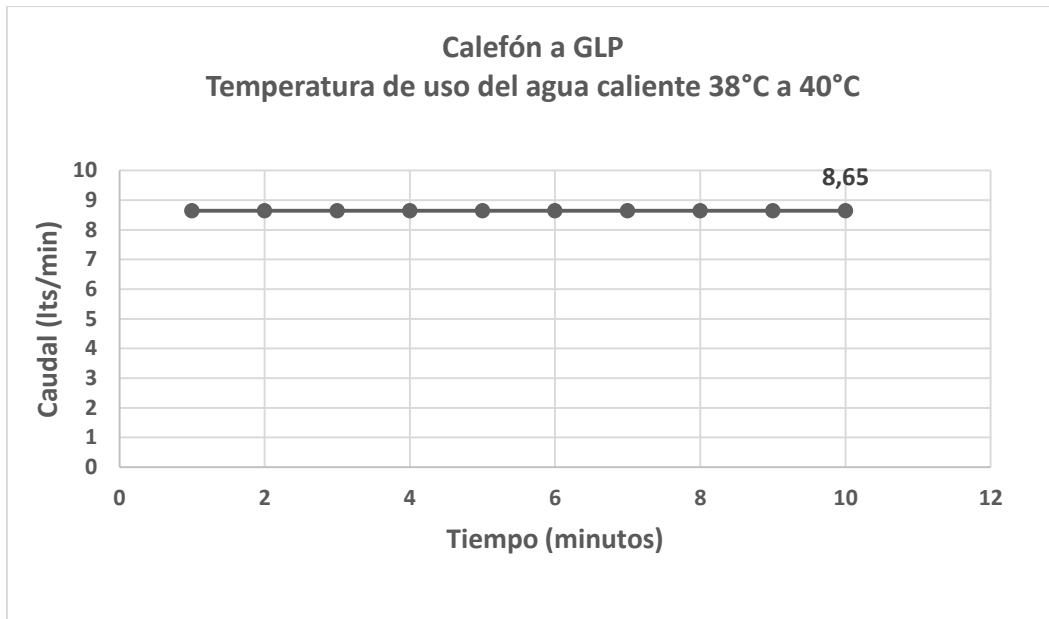
Estableciendo los rangos de temperatura, el sistema es eficiente ya que el caudal máximo que calienta a estas condiciones es de **8,65 lt/ min**, caudal suficiente para 2 puntos de uso de manera simultánea sin variaciones de temperatura.

*Tabla 4.21 Resultado de las pruebas de simultaneidad del calefón a GLP*

PRUEBA DE SIMULTANEIDAD	
Calefón a GLP	
Temperatura agua fría	18,7°C
Temperatura ambiente	24,7°C
Temperatura de uso de agua caliente	39°C a 40°C
Caudal max. de salida	8,65 lt/min

*Fuente: Elaboración autores*





**Figura 4.10 Prueba de simultaneidad del calefón a GLP**

*Fuente: Elaboración autores*

#### 4.6.2.4 Prueba de eficiencia del termotanque eléctrico

En este sistema hay que considerar que el agua en el tanque está a una cierta temperatura, en nuestro caso de estudio la temperatura llegó hasta 50°C, siendo necesario mezclar con agua fría para alcanzar la temperatura de salida establecida para las pruebas, el caudal que máximo que alcanzo es de **10,71 lt/min** igual al caudal máximo de la red. Este sistema es eficiente para 3 puntos de uso de manera simultánea.

**Tabla 4.22 Resultado de la prueba de simultaneidad del termotanque eléctrico**

PRUEBA DE SIMULTANEIDAD	
Termotanque eléctrico	
Temperatura agua fría	18,4°C
Temperatura ambiente	24,3°C
Temperatura de salida de agua del termotanque	50°C
Litros de agua caliente	77,5
Litros de agua fría	30,21
Temperatura de uso de agua caliente	39°C a 40°C
Caudal max. de salida	10,71 lt/min

*Fuente: Elaboración autores*

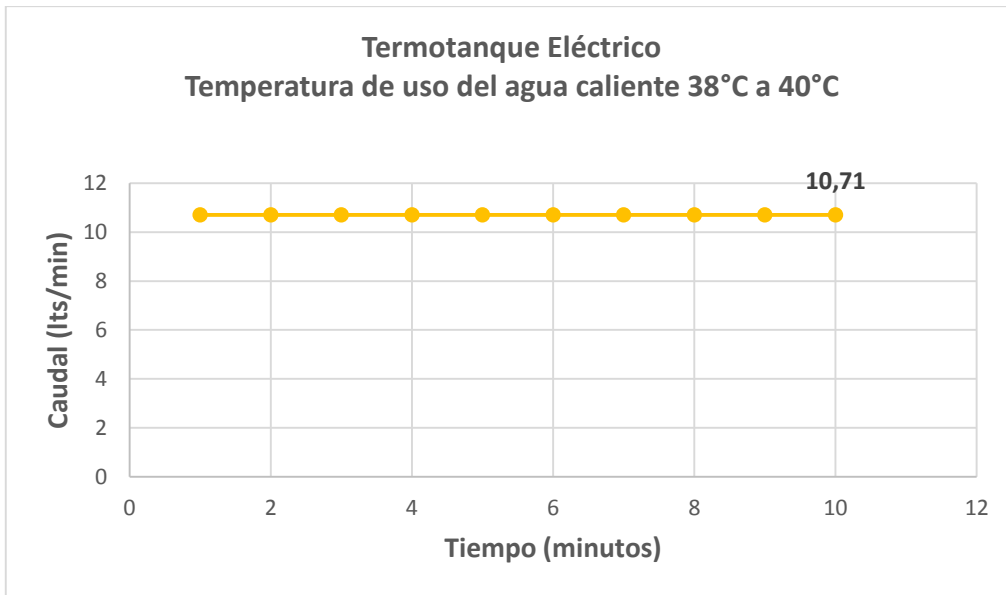


Figura 4.11 Prueba de simultaneidad del termotanque eléctrico

Fuente: Elaboración Autores

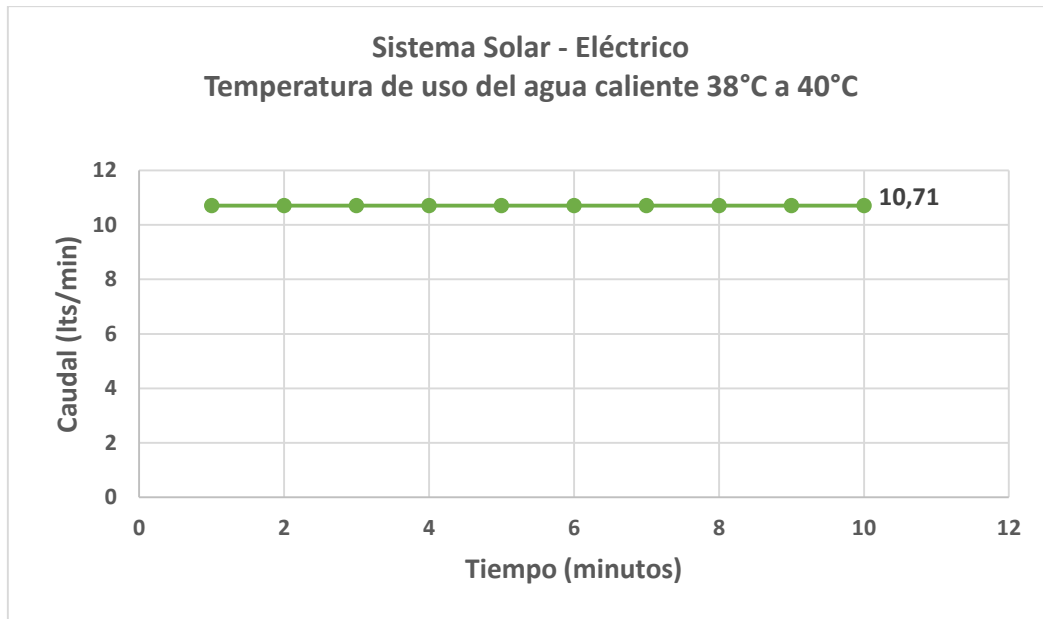
#### 4.6.2.5 Prueba de eficiencia del sistema solar – eléctrico

En este sistema el calentador solar elevó la temperatura del agua hasta 54,6°C, la que se almacenó en el termotanque, al igual que el caso anterior para sacar el agua en el punto de uso al rango de temperatura establecido, fue necesario mezclar, pero debido a que el caudal máximo de la red es de **10,71 lt/min** no se pudo sacar a un caudal mayor. Siendo este sistema muy eficiente cuando es necesario tener agua caliente en varios puntos de uso de manera simultánea.

Tabla 4.23 Resultado de la prueba de simultaneidad del sistema solar – eléctrico

PRUEBA DE SIMULTANEIDAD	
Sistema Solar - eléctrico	
Temperatura agua fría	18,4°C
Temperatura ambiente	24,1°C
Temperatura de salida de agua del termotanque	54,6°C
Temperatura de salida de agua	39°C a 40°C
Litros de agua caliente	74,11
Litros de agua fría	32,98
Caudal max. de salida	10,71 lt/min

Fuente: Elaboración autores



**Figura 4.12 Prueba de simultaneidad del sistema solar – eléctrico**

**Fuente: Elaboración autores**

De esta manera se puede establecer entonces que de todas las tecnologías puestas a prueba, el termotanque eléctrico y el sistema solar eléctrico producen agua caliente a una temperatura óptima para su uso y a un caudal máximo, superior a todas las tecnologías.

La ducha eléctrica es el sistema en donde la temperatura de salida de ACS está limitada por el caudal, a mayor caudal baja la temperatura y menor caudal sube la temperatura, por lo tanto para alcanzar el rango de temperatura establecidos para las pruebas es el sistema que produce el mínimo caudal, observar figura 4.13.

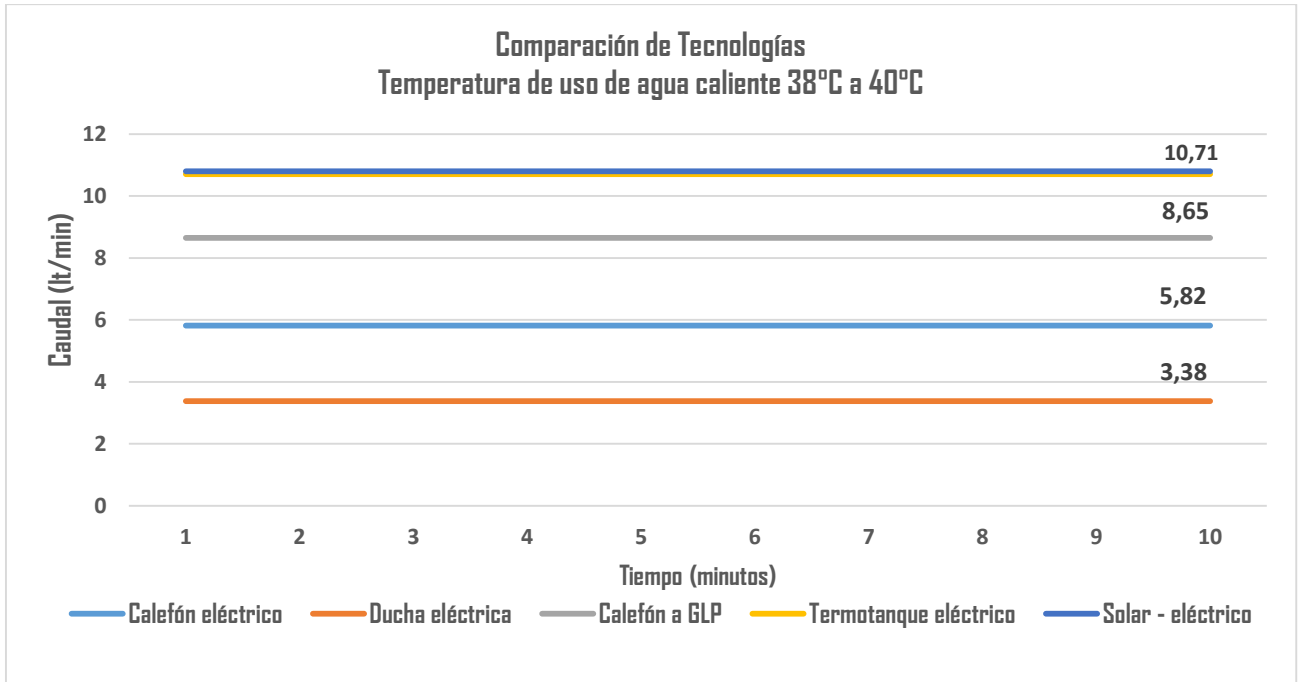


Figura 4.13 Comparación de la capacidad de calentamiento entre tecnología vs caudal de ACS

Fuente: Elaboración autores

#### 4.6.3 Resumen de comparación económica – energética entre tecnologías

Tabla 4.24 Comparación energética entre los sistemas de calentamiento

TECNOLOGÍA	Costo de inversión (USD)	kW/mes	kg GLP/mes	Costo por consumo (USD)	Caudal máximo que alcanza a temperatura de 38°C a 40°C
Ducha eléctrica	234,10	121,03	0	11,74	3,38 lt/min
C. Eléctrico	603,74	184,67	0	17,,92	5,82 lt/min
C. a gas	731,59	0	13,7	10,96	8,65 lt/min
Solar-eléctrico	1983,44	190,62	0	18,49	10,71 lt/min
Termotanque	984,40	214,73	0	21,26	10,71 lt/min

Fuente: Elaboración autores

#### 4.7 Mejoramiento de eficiencia del sistema solar – eléctrico

Una vez realizadas las mediciones con cada una de los sistemas de calentamiento, se observó que el sistema solar – eléctrico presenta un elevado consumo de energía eléctrica, 190,62 kWh mensuales. Esto indica que el sistema no está funcionando a su máxima eficiencia, el inconveniente se debía a que el sistema de respaldo (termotanque eléctrico) que por su estructura contiene resistencias en el interior para calentar el agua, no permitía la libre circulación del agua a través del calentador solar, por lo tanto esto reduce la eficiencia del calentador solar dejando de aprovechar al máximo la radiación.

Para corregir esta situación, con el fin de reducir el consumo de energía eléctrica en el sistema, se realizaron algunas modificaciones al sistema, lo ideal era que las resistencias del termotanque no se energizaran durante el día, para que de esta manera exista libre circulación del agua por el calentador solar y que no haya consumo eléctrico durante el día.

Con la implementación de un temporizador (Timer) en el circuito de alimentación del termotanque, se logra que el termotanque se energice solo 12 horas durante el día, el temporizador se programó para que se encienda desde las 19:00 pm hasta las 7:00 am, ver figura 4.14, y se obtienen los siguientes resultados.



**Figura 4.14 Imagen de la colocación del temporizador**

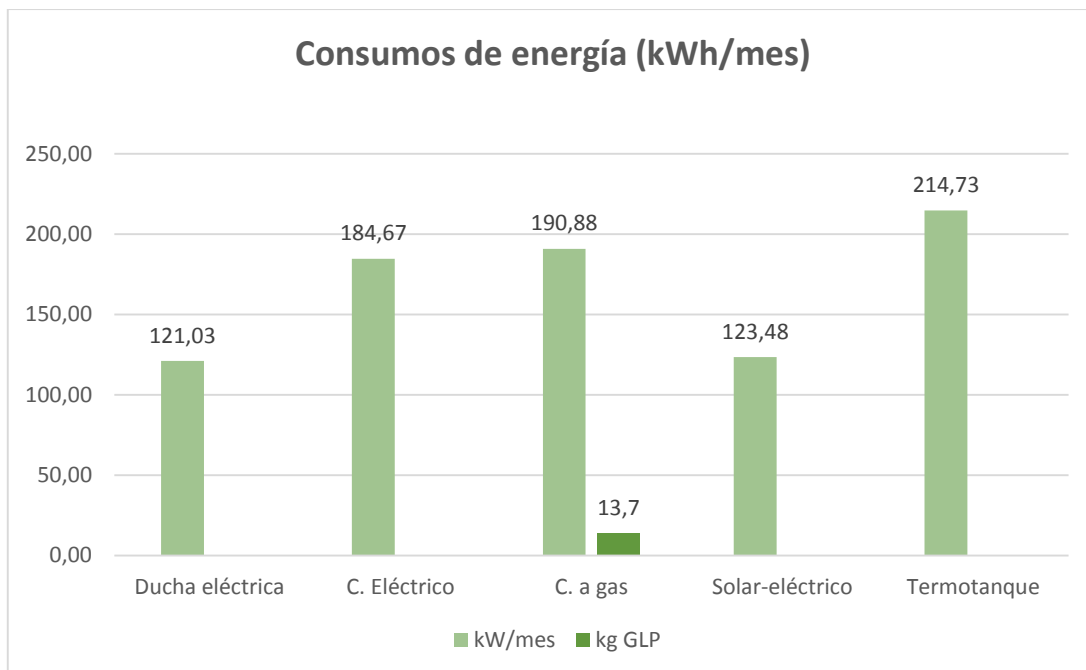
**Fuente: Fotografía tomada en el sitio de pruebas**

**Tabla 4.25 Consumo de energía eléctrica mensual del sistema modificado**

PRUEBA DE SISTEMA SOLAR ELÉCTRICO CON TEMPORIZADOR		
FECHA DE INICIO DE PRUEBAS 15 de Septiembre de 2016	FECHA FINAL DE PRUEBAS 03 de Octubre de 2016	
	MEDIDOR DE ENERGÍA [kWh]	MEDIDOR DE AGUA [litro]
Lectura Inicial:	829	36383,22
Lectura final:	897	39852,64
<b>CONSUMO</b>	<b>68</b>	<b>3469,42</b>
<b>PROYECCIÓN A CONSUMO MENSUAL (6300 LITROS)</b>		<b>123,48</b>
<b>VOLUMEN DE AGUA CALIENTE POR UNIDAD DE ENERGÍA [litro/kWh]</b>		<b>51,02</b>

Fuente: Elaboración autores

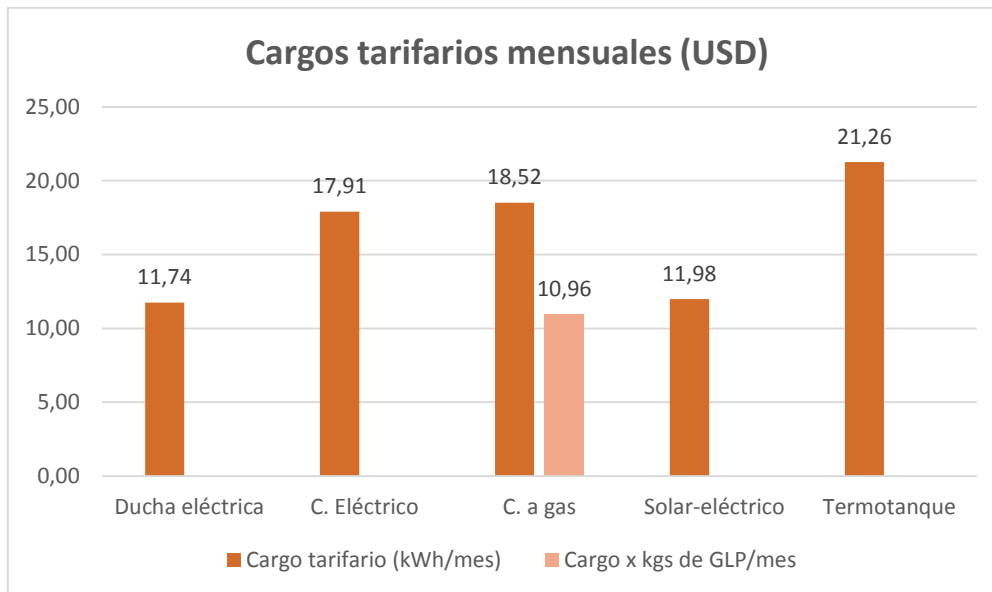
Luego de registrar estas nuevas mediciones se puede observar una reducción considerable en el consumo eléctrico de 190,62 kWh a 123,48 kWh mensuales, para calentar los 6300 litros proyectados, es decir un ahorro de 67,14 kWh por mes.



**Figura 4.15 Consumos de energía mensual de con el sistema modificado**

Fuente: Elaboración autores

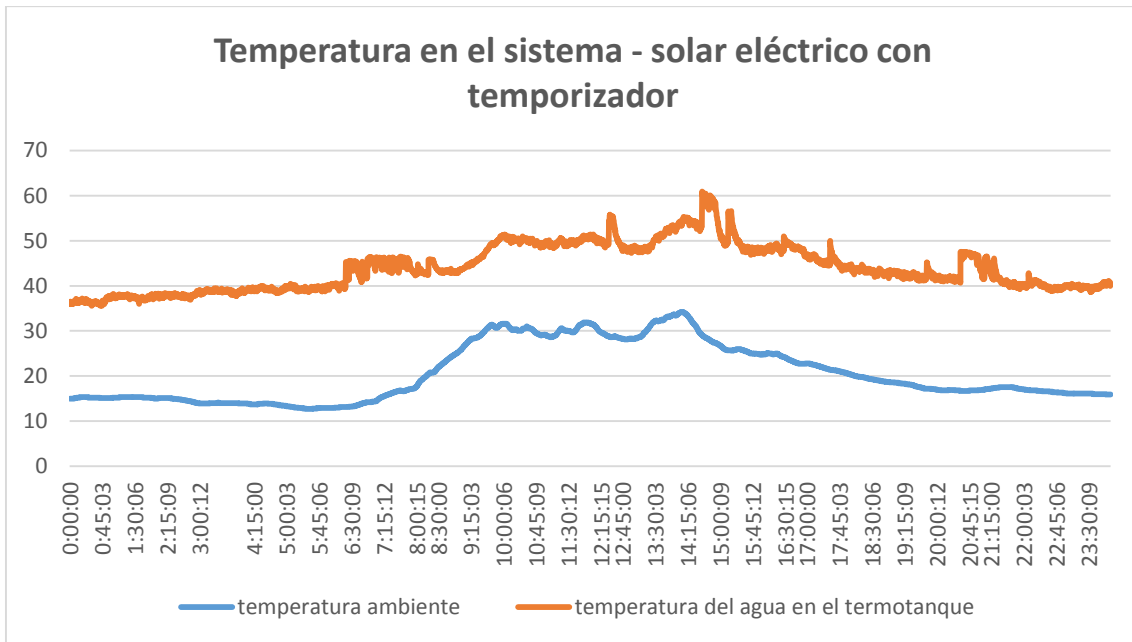
Esta reducción del consumo también se ve reflejado en la reducción de costos por operación del sistema como se muestra figura 4.16.



**Figura 4.16 Cargos tarifario mensual con el sistema modificado**

**Fuente: Elaboración autores**

Con esta modificación, se monitorea la temperatura del ACS en el termotanque para observar su comportamiento durante las 24 horas del día, se observa que la temperatura varía en un rango de 36°C a 63°C aproximadamente como se muestra en la figura 4.17, con esta modificación el sistema funciona con una mayor eficiencia, garantizando agua caliente a cualquier hora que se requiera.



**Figura 4.17** Temperatura del ACS en el termotanque durante un periodo de tiempo de 24 horas, con el sistema modificado

Fuente: Elaboración autores

Al igual que con el consumo del sistema solar - eléctrico normal, se realiza una proyección de costos para una vida útil del sistema de 20 años pero con las modificaciones respectivas, cuyos resultados se presentan en la tabla 4.26.

**Tabla 4.26** Costos de los sistemas proyectados para una vida útil de 20 años

	Calefón a gas	Calefón eléctrico	Termotanque eléctrico	Solar - Eléctrico	Ducha eléctrica
<b>Inversión (USD)</b>	731,59 USD	603,74	984,4 USD	1983,44	234,10
<b>Operación (USD)</b>	162,52 USD	234,96	323,10 USD	221,88	155,87
<b>Costos traído a valores presentes (USD)</b>	<b>1665,63</b>	<b>1950,90</b>	<b>2611,58</b>	<b>2884,23</b>	<b>1236,57</b>

Fuente: Elaboración autores

La reducción de costos es considerable de 3190,79 USD a 2884,23 USD para la vida útil establecida, y con un ahorro de energía mensual de 71,04 kWh.



Se presentan algunas fotografías de la modificación del sistema solar eléctrico.



**Figura 4.18** Imágenes de la instalación del sistema solar eléctrico modificado

**Fuente:** Fotografías tomadas en el sitio de pruebas



## 5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- En el cantón Paute el 52.1% utilizan ducha eléctrica, mientras que el 30,1% utilizan calefón a GLP, el 6.5% tienen los 2 sistemas combinados ducha eléctrica y calefón a GLP, el 7.4% calienta en recipientes en la cocina, un pequeño porcentaje del 0.6% que tienen calentadores solares en sus hogares y un 3% de los hogares no utilizan agua caliente por costumbre.
- En la instalación del sistema de calentamiento solar-eléctrico, pueden ocurrir fallas debido a la falta de información del fabricante, del método correcto de instalación ya que no hace referencia a la orientación del panel solar, y altura específica de ubicación del termotanque respecto al panel solar.
- De acuerdo a las pruebas de simultaneidad, en lugares en donde se desea temperaturas adecuadas de alrededor de 40°C, en dos o más puntos de uso se recomienda el uso del termotanque eléctrico o del sistema solar - eléctrico, en caso de requerirse simultaneidad solamente en dos puntos de uso se puede usar los sistemas de paso: calefón a gas o calefón eléctrico, y si se requiere agua caliente en un solo punto se podría utilizar la ducha eléctrica recalando que alcanza una temperatura adecuada solamente a bajo caudal.
- Al precio actual del GLP de 1,60 USD es conveniente seguir utilizando este sistema desde el punto de vista económico, ya que el costo inicial de instalación es recuperable a corto plazo.
- Si se elimina el subsidio al GLP por parte del estado ecuatoriano y el cilindro de 15 kg se comercializara a un costo estimado de 12,00 USD, económicamente el calefón a gas, sigue siendo conveniente, debido al alto costo de operación que representa los otros sistemas de características similares en caudal y temperatura.
- De los sistemas de calentamiento eléctricos, el costo de inversión y operación de la ducha es el más bajo, pero no logró satisfacer las expectativas de un baño confortable, de acuerdo a lo que manifestaron los usuarios en el departamento de pruebas.



- Los sistemas de calentamiento acumuladores, tienen un alto costo inicial, mayores valores de consumo de energía, y ocupan un espacio considerable para su ubicación, pero la temperatura de agua alcanza valores sobre los 60°C, por lo que su utilización es recomendable en viviendas en donde se tenga varios puntos de uso y se desea caudales y temperaturas adecuadas para un baño confortable.
- Las empresas distribuidoras recomiendan para elaborar los diseños eléctricos y determinar la carga, el valor de 7000 W para cocinas de inducción y 3000 W para calentadores de agua eléctricos, aplicando el factor de coincidencia en una vivienda unifamiliar la potencia de consumo se aproxima a los 10kW.

La potencia del calefón eléctrico instantáneo es de 12 kW, por lo que de acuerdo a la regulación N.- Arconel 001/015, es necesario instalar un transformador privado para la vivienda en donde se lo utilice, ya que supera los 10kW de carga instalada.

- El sistema solar no es autónomo ya que necesita un equipo de calentamiento auxiliar, aunque su inversión inicial es alta, al colocar el temporizador se obtuvo un consumo energético similar al de la ducha eléctrica, con la ventaja de que se obtiene mayor temperatura y caudal que garantiza la simultaneidad en varios puntos de uso

## 5.2 Recomendaciones

- El ángulo de inclinación del captador solar en el sistema de calentamiento solar-eléctrico en el cantón Paute, de acuerdo a la latitud debe ser de 2,78°, pero por motivos de limpieza se podría orientarlo a un ángulo mayor hasta en 10° sobre el establecido, sin que esto le reste eficiencia al sistema.
- La tecnología solar - eléctrica funcionaría mejor optimizando el sistema de diseño y de control, ya que se observa que el sistema ofertado en la localidad, consiste en el captador solar con acumulador en termotanque que incluyen resistencias eléctricas para sistema auxiliar.

Se evidencia las resistencias dentro del termotanque le restan eficiencia al panel solar, debido a que al extraer agua caliente del termotanque se



enciende de manera instantánea la resistencia ubicada en la parte baja para mantener la temperatura, aumentando el consumo.

- Un sistema híbrido más óptimo para aprovechar la energía solar sería la adecuación de un sistema que combine el panel solar, el termotanque acumulador y un calentador auxiliar instantáneo con un adecuado control, que entregue la energía proporcional necesaria para mantener la temperatura adecuada del agua.
- Por el alto costo de los equipos con tecnología de calentamiento solar sería necesario programas de financiamiento para la adquisición de equipos a más del incentivo económico del subsidio de los 20 kW mensuales que establece el estado con el programa PEC para el calentamiento de ACS.



## 6 BIBLIOGRAFÍA

[1] ARCONEL. (2015). Programa PEC.

[2] ARCONEL. (2015). Regulacion 001/015.

[3] ARCONEL. (2015). Tarifas de consumo, resolucion 049/15 y 099/15.

[5] Solé, A. C. (s.f.). Instrumentacion Industrial. Barcelona, España: MARCOMBO.

[4] Plan Nacional para el buen vivir 2013-2017.

<http://www.buenvivir.gob.ec/objetivo-7.-garantizar-los-derechos-de-la-naturaleza-y-promover-la-sostenibilidad-ambiental-territorial-y-global#tabs2> [Accessed: 20-mar-2106]

[3] Pliego Tarifario Enero – Diciembre 2016.

<http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-2016-01-02-2016.pdf>

[5] Ley orgánica de servicio público de energía eléctrica

[http://laradio.asambleanacional.gob.ec/system/files/registro\\_oficial\\_n\\_418\\_ley\\_organica\\_del\\_servicio\\_publico\\_de\\_energia\\_electrica.pdf](http://laradio.asambleanacional.gob.ec/system/files/registro_oficial_n_418_ley_organica_del_servicio_publico_de_energia_electrica.pdf)

[6] Ley de Incentivos a la Producción y Prevención del Fraude Fiscal

<http://www.eltelegrafo.com.ec/images/eltelegrafo/banners/2015/Ley-Organica-de-Incentivos-a-la-Produccion-y-Prevencion-del-Fraude-Fiscal.pdf>

[7] Ley Reformatoria para la Equidad Tributaria en el Ecuador

[file:///C:/Users/click/Downloads/LEY%20REFORMATORIA%20PARA%20LA%20EQUIDAD%20TRIBUTARIA%20EN%20EL%20ECUADOR%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/click/Downloads/LEY%20REFORMATORIA%20PARA%20LA%20EQUIDAD%20TRIBUTARIA%20EN%20EL%20ECUADOR%20(6).pdf)

[8] Ley de régimen del sector eléctrico

[http://repository.unm.edu/bitstream/handle/1928/12750/LEY\\_%20SECTOR\\_%20ELECTRICO\\_CODIFICADA\\_DICIEMBRE\\_2010.pdf?sequence=1](http://repository.unm.edu/bitstream/handle/1928/12750/LEY_%20SECTOR_%20ELECTRICO_CODIFICADA_DICIEMBRE_2010.pdf?sequence=1)

[9] Ministerio de Electricidad y Energía Renovables

<http://www.energia.gob.ec/manduriacu/>

<http://www.energia.gob.ec/sopladora/>

[http://www.energia.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2016/04/Informe\\_Rendicio%CC%81n-de-Cuentas-201521.pdf](http://www.energia.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2016/04/Informe_Rendicio%CC%81n-de-Cuentas-201521.pdf)

[10] Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos

<http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/balance-energetico/>



[11] CELEC EP

[www.celec.gob.ec/transelectric](http://www.celec.gob.ec/transelectric)

[12] ARCONEL

<http://www.regulacionelectrica.gob.ec/plan-maestro-de-electrificacion-2013-2022/>

[13] Corporación para la Investigación Energética CIE.

[http://www.energia.org.ec/cie/?page\\_id=39](http://www.energia.org.ec/cie/?page_id=39)

[14] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador INEC

[www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec)



## 7 ANEXOS

### 7.1 ANEXO 1: Modelo de encuesta

#### ENCUESTA PARA CONOCER LOS HÁBITOS DE CONSUMO DE AGUA CALIENTE Y EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA EN EL CANTÓN PAUTE.

1) ¿Cuántas personas habitan en su vivienda? \_\_\_\_\_

2) ¿En que utiliza agua caliente en su vivienda?  
(Especifique la cantidad de puntos de agua caliente)

- Ducha
- Lavamanos
- Lavavajillas
- Otros \_\_\_\_\_

Si su respuesta es otro especifique.

3) ¿El tiempo promedio estimado en ducharse una persona en su vivienda es de?

Menor a 10 minutos

10 minutos

15 minutos

20 minutos

Más de 20 minutos

4) ¿Cuál es el número de veces que utiliza la ducha por semana en su vivienda?

\_\_\_\_\_

5) ¿Qué tipo de tecnología utiliza para calentamiento de agua en su vivienda?

Calefón a gas

Ducha eléctrica

Calentador Solar

Otro





Si su respuesta es otro especifique.

- 6) ¿Si utiliza calefón a gas, cuántos cilindros consume al mes para calentamiento de agua?

\_\_\_\_\_

- 7) ¿Cuál es el valor estimado mensual que cancela por consumo de energía eléctrica?

\$\_\_\_\_\_

- 8) ¿Se siente satisfecho con el sistema de calentamiento de agua que utiliza en la actualidad? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
¿Por qué?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- 9) ¿Qué tecnología para el calentamiento de agua le gustaría en su vivienda?

\_\_\_\_\_





**7.2 ANEXO 2: Hoja de registro de datos de cantidad de agua caliente y tiempo de utilización.**

HOJA DE REGISTRO DE DATOS						
FECHA		TIEMPO		CANTIDAD DE AGUA		USUARIO
		INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	
día/mes/año	medidor	hora/min/seg	hora/min/seg	litros/dl	litros/dl	nombre
	caliente					
	fría					
	caliente					
	fría					
	caliente					
	fría					
	caliente					
	fría					
	caliente					
	fría					
	caliente					
	fría					
	caliente					
	fría					
	caliente					
	fría					
	caliente					
	fría					
	caliente					
	fría					
	caliente					
	fría					



### 7.3 ANEXO 3: Historial del registro de mediciones

PRUEBA 1					CALEFÓN A GAS		
FECHA DE INICIO DE PRUEBAS					FECHA FINAL DE PRUEBAS		
Viernes, 15 de Abril de 2016					Jueves, 05 de Mayo de 2016		
DÍA	CONSUMO DE AGUA CALIENTE [litros]				TEMPERATURA [°C]		
	DUCHA	COCINA	LAVAMANOS	TOTAL	AMBIENTE	AGUA FRÍA	AGUA CALIENTE
1	21,09	151,17	0,00	172,26	21,84	20,30	39,38
2	197,12	54,20	10,56	261,88	22,37	21,29	36,57
3	58,54	54,34	6,64	119,52	22,86	21,25	36,88
4	64,77	129,76	12,40	206,93	22,43	21,37	40,08
5	26,38	66,72	6,75	99,85	21,26	19,84	37,71
6	121,62	126,83	15,26	263,71	20,76	19,90	39,49
7	46,43	94,37	15,95	156,75	22,58	21,24	34,90
8	155,56	101,32	15,88	272,76	23,86	21,95	36,30
9	83,41	29,63	3,38	116,42	22,64	21,03	35,39
10	176,99	111,21	9,16	297,36	22,04	19,95	34,96
11	94,63	93,74	8,19	196,56	20,60	19,98	35,85
12	29,99	117,78	1,28	149,05	21,27	20,31	34,86
13	148,15	171,63	6,11	325,89	21,72	20,56	32,88
14	93,42	149,08	16,44	258,94	21,18	19,77	40,43
15	102,96	92,01	13,24	208,21	22,39	21,02	38,95
16	73,97	42,24	5,28	121,49	21,65	20,41	37,67
17	123,42	55,98	8,60	188,00	21,60	20,30	39,91
18	40,29	63,27	7,65	111,21	23,29	21,62	31,91
19	225,74	71,28	7,43	304,45	22,39	21,03	40,14
20	71,31	77,21	8,99	157,51	22,49	20,54	32,09
<b>PROMEDIO:</b>	97,79	92,69	8,96	199,44	22,06	20,68	36,82
<b>TOTAL:</b>	<b>1955,79</b>	<b>1853,77</b>	<b>179,19</b>	<b>3988,75</b>			
<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>					1kg de GLP = 13,92kWh Equivalente a kwh		
			GLP [kg]				
			LECTURA INICIAL:	28,27			
			LECTURA FINAL:	19,59			
			<b>CONSUMO DE GLP</b>	<b>8,68</b>		<b>120,85</b>	
	<b>CONSUMO DE AGUA CALIENTE [litros]</b>				<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>		
	DUCHA	COCINA	LAVAMANOS	TOTAL	GLP [kg]	Equivalente a [kWh]	
PRUEBA POR 20 DÍAS	1955,79	1853,77	179,19	<b>3988,75</b>	<b>8,68</b>	120,85	
PROYECTADO A UN MES	2933,69	2780,66	268,79	<b>5983,13</b>	<b>13,02</b>	<b>181,28</b>	



PRUEBA 2					CALEFÓN ELÉCTRICO		
FECHA DE INICIO DE PRUEBAS					FECHA FINAL DE PRUEBAS		
Martes, 10 de Mayo de 2016					Lunes, 30 de Mayo de 2016		
DÍA	CONSUMO DE AGUA CALIENTE [litros]				TEMPERATURA [°C]		
	DUCHA	COCINA	LAVAMANOS	TOTAL	AMBIENTE	AGUA FRÍA	AGUA CALIENTE
1	89,96	151,42	10,37	251,75	23,11	21,23	39,73
2	118,86	152,28	4,97	276,11	20,87	19,75	39,98
3	27,68	73,52	10,24	111,44	18,86	18,26	36,35
4	30,18	11,60	19,52	61,30	18,91	18,36	37,90
5	92,32	94,66	52,99	239,97	19,26	18,23	38,56
6	141,38	91,46	15,41	248,25	21,45	20,52	38,83
7	34,01	107,06	12,44	153,51	21,02	20,22	37,95
8	131,43	132,68	10,24	274,35	20,32	19,21	39,85
9	208,68	165,00	25,18	398,86	18,96	17,91	39,48
10	78,88	17,14	11,32	107,34	20,15	19,10	38,38
11	0,00	55,80	1,53	57,33	20,22	18,96	39,81
12	174,86	97,46	1,77	274,09	19,87	18,94	36,72
13	102,24	15,38	5,96	123,58	22,17	20,25	38,57
14	43,10	64,46	14,50	122,06	21,99	20,49	40,13
15	228,38	87,68	8,14	324,20	19,87	19,01	38,55
16	129,84	125,71	6,08	261,63	18,88	18,31	38,56
17	38,28	77,39	3,34	119,01	19,08	18,3	38,56
18	274,86	25,45	3,94	304,25	21,24	20,37	38,90
19	148,31	54,20	19,29	221,80	20,18	19,03	38,96
20	134,50	86,62	9,93	231,05	22,17	20,25	40,10
<b>PROMEDIO:</b>	111,39	84,35	12,36	208,09	20,43	19,33	38,79
<b>TOTAL:</b>	2227,75	1686,97	247,16	4161,88			
	<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>						
				[kw]			
	LECTURA INICIAL:			1,00			
	LECTURA FINAL:			123			
	CONSUMO			122			
	<b>CONSUMO DE AGUA CALIENTE [litros]</b>				<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>		
	<b>DUCHA</b>	<b>COCINA</b>	<b>LAVAMANOS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>ENERGÍA ELÉCTRICA [kWh]</b>		
<b>PRUEBA POR 20 DÍAS</b>	2227,75	1686,97	247,16	4161,88	122,00		
<b>PROYECTADO A UN MES</b>	3341,63	2530,46	370,74	6242,82	183,00		



PRUEBA 3					TERMOTANQUE ELÉCTRICO		
FECHA DE INICIO DE PRUEBAS					FECHA FINAL DE PRUEBAS		
Lunes, 30 de Mayo de 2016					Domingo, 19 de Junio de 2016		
DÍA	CONSUMO DE AGUA CALIENTE [litros]				TEMPERATURA [°C]		
	DUCHA	COCINA	LAVAMANOS	TOTAL	AMBIENTE	AGUA FRÍA	AGUA CALIENTE
1	95,77	17,15	0,88	113,80	22,17	20,25	29,76
2	84,56	73,77	0,87	159,20	20,83	19,71	38,04
3	32,69	111,01	4,05	147,75	21,11	19,77	41,50
4	106,35	182,69	4,31	293,35	20,53	19,95	35,85
5	124,54	45,54	4,22	174,30	21,16	19,75	37,02
6	43,43	13,34	4,27	61,04	18,71	18,11	41,22
7	164,42	65,07	0,54	230,03	18,42	17,82	40,94
8	138,77	93,39	10,62	242,78	19,96	18,92	42,77
9	147,33	72,18	13,00	232,51	19,25	18,22	41,39
10	151,39	127,83	20,96	300,18	18,21	17,61	41,97
11	141,66	135,94	12,16	289,76	17,39	16,79	38,54
12	222,99	18,31	11,00	252,30	18,32	17,65	38,05
13	175,87	18,44	8,79	203,10	16,35	15,75	38,10
14	53,50	105,43	29,84	188,77	16,25	5,65	37,31
15	64,89	196,25	4,89	266,03	17,30	16,7	40,58
16	62,74	86,82	5,78	155,34	17,32	16,72	38,64
17	3,20	123,06	13,70	139,96	16,72	16,12	39,89
18	207,95	90,00	16,40	314,35	17,46	16,86	40,72
19	101,51	59,92	10,12	171,55	16,9	16,3	40,02
20	151,47	37,42	11,33	200,22	17,03	16,43	39,95
<b>PROMEDIO:</b>	113,75	83,68	9,39	206,82	18,57	17,25	39,11
<b>TOTAL:</b>	<b>2275,03</b>	<b>1673,56</b>	<b>187,73</b>	<b>4136,32</b>			
	<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>						
				[kw]			
				LECTURA INICIAL:	123		
				LECTURA FINAL:	264		
				<b>CONSUMO</b>	<b>141</b>		
	<b>CONSUMO DE AGUA CALIENTE [litros]</b>				<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>		
	DUCHA	COCINA	LAVAMANOS	TOTAL	ENERGÍA ELÉCTRICA [kWh]		
<b>PRUEBA POR 20 DÍAS</b>	2275,03	1673,56	187,73	4136,32	141,00		
<b>PROYECTADO A UN MES</b>	3412,55	2510,34	281,60	6204,48	211,50		



PRUEBA 4					SISTEMA SOLAR ELÉCTRICO		
FECHA DE INICIO DE PRUEBAS					FECHA FINAL DE PRUEBAS		
29 de Junio de 2016					19 de Julio de 2016		
DÍA	CONSUMO DE AGUA CALIENTE [litros]				TEMPERATURA [°C]		
	DUCHA	COCINA	LAVAMANOS	TOTAL	AMBIENTE	AGUA FRÍA	AGUA CALIENTE
1	51,38	92,50	1,64	145,52	17,64	17,04	39,01
2	129,95	82,84	4,44	217,23	15,28	14,64	43,59
3	278,62	2,35	10,15	291,12	18,66	18,08	44,12
4	108,00	1,24	11,01	120,25	21,85	20,31	44,25
5	134,03	15,23	1,32	150,58	20,25	19,67	38,54
6	154,03	48,49	8,88	211,40	19,95	18,91	42,49
7	151,60	75,90	4,15	231,65	20,12	19,54	39,88
8	100,94	71,90	1,41	174,25	18,69	18,15	36,67
9	84,12	97,64	3,64	185,40	17,64	17,09	41,28
10	56,99	96,36	5,30	158,65	15,78	15,17	40,58
11	147,37	67,46	4,12	218,95	17,71	17,13	43,66
12	69,77	81,48	10,11	161,36	16,85	16,22	39,45
13	184,31	194,09	10,29	388,69	19,49	18,63	42,20
14	161,68	63,51	3,91	229,10	16,12	15,58	35,58
15	80,31	98,77	21,97	201,05	20,31	19,73	41,06
16	169,17	60,03	2,20	231,40	17,39	16,75	41,30
17	146,67	126,60	14,23	287,50	17,45	16,83	39,07
18	319,24	87,40	3,06	409,70	18,80	18,14	39,25
19	154,44	57,46	8,05	219,95	16,70	16,06	35,78
20	176,21	82,86	1,88	260,95	16,05	15,51	38,45
<b>PROMEDIO:</b>	142,94	75,21	6,59	224,74	18,14	17,46	40,31
<b>TOTAL:</b>	2858,83	1504,11	131,76	4494,70			
<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>							
			[kw]				
			LECTURA INICIAL:	335			
			LECTURA FINAL:	471			
			<b>CONSUMO</b>	136			
<b>CONSUMO DE AGUA CALIENTE [litros]</b>					<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>		
	<b>DUCHA</b>	<b>COCINA</b>	<b>LAVAMANOS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>ENERGÍA ELÉCTRICA [kWh]</b>		
<b>PRUEBA POR 20 DÍAS</b>	2858,83	1504,11	131,76	4494,70	136,00		
<b>PROYECTADO A UN MES</b>	4288,25	2256,17	197,64	6742,05	204,00		



PRUEBA 5					DUCHA ELÉCTRICA*			
FECHA DE INICIO DE PRUEBAS					FECHA FINAL DE PRUEBAS			
Miércoles, 20 de Julio de 2016					Martes, 09 de Agosto de 2016			
DÍA	CONSUMO DE AGUA CALIENTE [litros]				TEMPERATURA [°C]			
	DUCHA	COCINA	LAVAMANOS	TOTAL	AMBIENTE	AGUA FRÍA	ACS EN DUCHA	
1	139,14	44,73	7,55	191,42	16,62	16,02	35,42	
2	146,03	52,88	0,63	199,54	17,57	16,94	36,43	
3	89,56	113,74	15,03	218,33	18,58	17,91	36,32	
4	135,15	54,34	5,94	195,43	16,64	16,04	34,94	
5	137,97	60,92	0,00	198,89	16,90	16,29	36,24	
6	104,78	66,93	0,72	172,43	15,48	14,92	35,55	
7	119,86	106,47	3,97	230,30	16,24	15,65	38,69	
8	133,83	73,31	3,55	210,69	17,31	16,71	34,06	
9	117,79	88,58	2,81	209,18	18,20	17,60	35,96	
10	107,45	106,47	6,91	220,83	20,40	19,83	36,23	
11	98,99	76,84	3,98	179,81	19,32	18,29	35,83	
12	125,89	48,81	3,62	178,32	17,17	16,58	35,87	
13	149,22	106,47	14,28	269,97	19,61	18,04	35,77	
14	99,78	97,37	7,44	204,59	19,31	18,16	36,06	
15	97,89	101,74	8,17	207,80	17,03	16,32	35,93	
16	109,13	83,85	1,83	194,81	19,62	18,31	35,98	
17	104,63	88,09	0,53	193,25	17,35	16,53	36,13	
18	94,26	85,73	1,11	181,10	16,48	15,31	35,97	
19	117,56	104,10	42,18	263,84	18,77	17,86	35,94	
20	189,38	95,25	11,18	295,81	18,90	17,56	36,23	
<b>PROMEDIO:</b>	120,91	82,83	7,07	210,82	17,88	17,04	35,98	
<b>TOTAL:</b>	2418,29	1656,62	141,43	4216,34				
<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>					*Se instala una ducha eléctrica de 220 V y 2 calentadores de cocina de 110 V **EL medidor de 110 V registra la energía consumida en el lavavajillas y en el lavamanos			
		220 V [kWh]	110 V [kWh]**	TOTAL [kWh]				
LECTURA INICIAL:		478	922	81				
LECTURA FINAL:		521	960					
<b>CONSUMO</b>		<b>43,00</b>	<b>38,00</b>					
<b>CONSUMO DE AGUA CALIENTE [litros]</b>					<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>			
	DUCHA	COCINA	LAVAMANOS	TOTAL	ENERGÍA ELÉCTRICA [kWh]			
<b>PRUEBA POR 20 DÍAS</b>	2418,29	1656,62	141,43	4216,34	81			
<b>PROYECTADO A UN MES</b>	3627,44	2484,93	212,15	6324,51	121,50			



**7.4 ANEXO 4: Presupuesto de cada uno de los sistemas de calentamiento**

<b>CALEFÓN A GLP</b>				
<b>Materiales y Equipos</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>costo U (USD)</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
1	Calefón a GLP	Yang TW - 983	620	620
1	Cilindro de 15kg de GLP	Duragas	58	58
2	Manguera para gas 5/8"		0,4	0,8
2	Bridas 5/8"	Titan	0,35	0,7
1	Válvula de gas	AgipGas	6,75	6,75
2	Tubos de abasto	Coflex	7,5	15
2	tirafondos 1/4*3"	Ideal	0,12	0,24
2	tacos fischer	fischer	0,05	0,1
				<b>701,59</b>
<b>Costo de instalación</b>				
1	Mano de obra		30	30
				<b>30</b>
<b>Costo de operación mensual</b>				
13,7	kg de GLP		0,8	10,96
				<b>10,96</b>
<b>Costo de mantenimiento mensual</b>				
1	Cambio de pilas (cada 6 meses)		0,417	0,417
1	Cambio de modulo electrónico (cada 5 años)		0,417	0,417
1	Cambio de membrana en válvula de agua (cada 5 años)		0,083	0,083
1	revisión y limpieza (anual)		1,667	1,667
				<b>2,583</b>
<b>Vida útil del sistema (años)</b>				
Garantía	1			
Vida útil	10			
			<b>Costo de Inversión Inicial (USD)</b>	<b>731,59</b>



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

<b>CALEFÓN ELÉCTRICO</b>				
<b>Materiales y Equipos</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>costo U (USD)</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
1	Calefón eléctrico	Stiebel Eltron	380	380
2	Tubos de abasto	Coflex	7,5	15
2	tirafondos 1/4*3"	Ideal	0,12	0,24
2	tacos fischer	fischer	0,05	0,1
1	Tomacorriente 112BK (50A)	Cooper	9	9
1	Enchufe S80 (50A)	Cooper	10	10
20	m. Cable concéntrico 3x8 AWG	Electrocable	5,75	115
1	Varilla coperwelld 5/8"x1m c/conector		9,5	9,5
10	Abrazadera EMT1/2"		0,1	1
3	m. Cable 7 hilos 8 AWG	Electrocable	1,3	3,9
				<b>543,74</b>
<b>Costo de instalación</b>				
1	Instalación de acometida		30	30
1	Mano de obra		30	30
				<b>60</b>
<b>Costo de operación mensual</b>				
184,67	kWh		0,097	17,91
<b>Costo de mantenimiento mensual</b>				
1	revisión y limpieza			1,67
				<b>1,67</b>
<b>Vida útil del sistema (años)</b>				
Garantía	2			
Vida útil	10			
			<b>Costo de Inversión Inicial (USD)</b>	<b>603,74</b>





**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

<b>TERMOTANQUE ELÉCTRICO</b>				
<b>Materiales y Equipos</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>costo U (USD)</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
1	Termotanque eléctrico	J.A.	821	821
2	Tubos de abasto	Coflex	7,5	15
1	Tomacorriente 112BK (50A)	Cooper	9	9
1	Enchufe S80 (50A)	Cooper	10	10
20	m. Cable concéntrico 3x8 AWG	Electrocables	5,75	115
1	Varilla coperwelld 5/8"x1m c/conector		9,5	9,5
10	Abrazadera EMT1/2"		0,1	1
3	m. Cable 7 hilos 8 AWG	Electrocables	1,3	3,9
				<b>984,4</b>
<b>Costo de instalación</b>				
1	Instalación de acometida		30	30
1	Mano de obra		50	50
				<b>80</b>
<b>Costo de operación mensual</b>				
211	kWh		0,099	21,26
<b>Costo de mantenimiento mensual</b>				
1	revisión y limpieza			1,67
1	Cambio de ánodo de magnesio (cada 6 meses)			4
				<b>5,67</b>
<b>Vida útil del sistema (años)</b>				
Garantía	5			
Vida útil	20			
			<b>Costo de Inversión Inicial (USD)</b>	<b>984,4</b>



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

<b>SISTEMA SOLAR - ELÉCTRICO</b>				
<b>Materiales y Equipos</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>costo U (USD)</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
1	Termotanque eléctrico	J.A.	821	821
1	Captador Solar	J.A.	752,5	752,5
2	Tubos de abasto	Coflex	7,5	15
1	Tubo PVC 1" 6m agua fría	Plastigama	21,88	21,88
2	reducción 1X3/4"	Plastigama	1,82	3,64
4	Codo 1"	Plastigama	1,6	6,4
2	reducción 3/4X1/2"	Plastigama	2,31	4,62
1	Tomacorriente 112BK (50A)	Cooper	9	9
1	Enchufe S80 (50A)	Cooper	10	10
20	m. Cable concéntrico 3x8 AWG	Electrocables	5,75	115
1	Varilla coperwelld 5/8"x1m c/conector		9,5	9,5
10	Abrazadera EMT1/2"		0,1	1
3	m. Cable 7 hilos 8 AWG	Electrocables	1,3	3,9
1	Soporte metálico		80	80
				<b>1853,44</b>
<b>Costo de instalación</b>				
1	Instalación de acometida		30	30
1	Mano de obra		100	100
				<b>130</b>
<b>Costo de operación mensual</b>				
190,62	kWh		0,097	18,49
<b>Costo de mantenimiento mensual</b>				
1	revisión y limpieza			2,5
1	Cambio de ánodo de magnesio (cada 6 meses)			4
				<b>6,5</b>
<b>Vida útil del sistema</b>				
Garantía	5			
Vida útil	20			
			<b>Costo de Inversión Inicial (USD)</b>	<b>1983,44</b>



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DUCHA ELÉCTRICA				
Materiales y Equipos				
Cantidad	Descripción	Marca	costo U	Subtotal
1	Ducha	Termoplastic	20	20
2	Calentador instantáneo de chorro	Termoplastic	56,30	112,60
1	Varilla coperwelld 5/8"x1m c/conector		9,5	9,5
40	m. Cable 7 hilos 8 AWG	Electrocable	1,3	52
				<b>194,10</b>
Costo de instalación				
1	Instalación de acometida		25	25
1	Mano de obra		15	15
				<b>40</b>
Costo de operación mensual				
121,03	kWh		0,097	11,74
Costo de mantenimiento mensual				
1	revisión y limpieza			0,83
1	Cambio de resistencia (cada 2 años)			0,42
				<b>1,25</b>
Vida útil del sistema (años)				
Garantía	1			
Vida útil	5			
			<b>Costo de Inversión Inicial (USD)</b>	<b>234,10</b>



**7.5 ANEXO 5: Costo de los sistemas de calentamiento de ACS para una vida útil proyectada de 20 años**

	Calefón a gas		Calefón eléctrico		Termotanque eléctrico		Solar - Eléctrico		Ducha eléctrica	
<b>Inversión</b>	731,59 USD		603,74 USD		984,4 USD		1983,44 USD		234,10 USD	
<b>Operación</b>	162,52 USD		234,97 USD		323,10 USD		299,88 USD		155,88 USD	
Años	Valor proyectado	Valor presente	Valor proyectado	Valor presente	Valor proyectado	Valor presente	Valor proyectado	Valor presente	Valor proyectado	Valor presente
1	863,11	738,33	818,70	700,34	1239,49924	1060,31	2205,32168	1886,50	374,97892	320,77
2	162,52	118,92	234,97	171,94	323,10	236,43	299,88	219,44	155,88	114,07
3	162,52	101,73	234,97	147,08	323,10	202,25	299,88	187,72	155,88	97,58
4	162,52	87,02	234,97	125,82	323,10	173,01	299,88	160,58	155,88	83,47
5	162,52	74,44	234,97	107,63	323,10	148,00	299,88	137,37	374,98	171,76
6	162,52	63,68	234,97	92,07	323,10	126,60	299,88	117,51	155,88	61,08
7	162,52	54,47	234,97	78,76	323,10	108,30	299,88	100,52	155,88	52,25
8	162,52	46,60	234,97	67,37	323,10	92,64	299,88	85,99	155,88	44,70
9	162,52	39,86	234,97	57,63	323,10	79,25	299,88	73,56	155,88	38,23
10	863,11	181,10	818,71	171,78	323,10	67,79	299,88	62,92	374,98	78,68
11	162,52	29,17	234,97	42,17	323,10	57,99	299,88	53,83	155,88	27,98
12	162,52	24,95	234,97	36,07	323,10	49,61	299,88	46,04	155,88	23,93
13	162,52	21,34	234,97	30,86	323,10	42,44	299,88	39,39	155,88	20,47
14	162,52	18,26	234,97	26,40	323,10	36,30	299,88	33,69	155,88	17,51
15	162,52	15,62	234,97	22,58	323,10	31,05	299,88	28,82	374,98	36,04
16	162,52	13,36	234,97	19,31	323,10	26,56	299,88	24,66	155,88	12,82
17	162,52	11,43	234,97	16,52	323,10	22,72	299,88	21,09	155,88	10,96
18	162,52	9,77	234,97	14,13	323,10	19,44	299,88	18,04	155,88	9,38
19	162,52	8,36	234,97	12,09	323,10	16,63	299,88	15,43	155,88	8,02
20	162,52	7,15	234,97	10,34	323,10	14,22	299,88	13,20	155,88	6,86
	<b>TOTAL(USD)</b>	<b>1665,63</b>	<b>TOTAL(USD)</b>	<b>1950,90</b>	<b>TOTAL(USD)</b>	<b>2611,58</b>	<b>TOTAL(USD)</b>	<b>3326,30</b>	<b>TOTAL(USD)</b>	<b>1236,57</b>



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	Calefón a gas		Calefón eléctrico		Termotanque eléctrico		Solar - Eléctrico		Ducha eléctrica	
Inversión	731,59 USD		603,74 USD		984,4 USD		1983,44 USD		234,10 USD	
Operación	162,52 USD		234,97USD		323,10 USD		221,73 USD		155,88 USD	
Años	Valor proyectado	Valor presente	Valor proyectado	Valor presente	Valor proyectado	Valor presente	Valor proyectado	Valor presente	Valor proyectado	Valor presente
1	863,11	738,33	818,70	700,34	1239,49924	1060,31	2127,17	1819,65	374,97892	320,77
2	162,52	118,92	234,97	171,94	323,10	236,43	221,73	162,25	155,88	114,07
3	162,52	101,73	234,97	147,08	323,10	202,25	221,73	138,80	155,88	97,58
4	162,52	87,02	234,97	125,82	323,10	173,01	221,73	118,73	155,88	83,47
5	162,52	74,44	234,97	107,63	323,10	148,00	221,73	101,57	374,98	171,76
6	162,52	63,68	234,97	92,07	323,10	126,60	221,73	86,88	155,88	61,08
7	162,52	54,47	234,97	78,76	323,10	108,30	221,73	74,32	155,88	52,25
8	162,52	46,60	234,97	67,37	323,10	92,64	221,73	63,58	155,88	44,70
9	162,52	39,86	234,97	57,63	323,10	79,25	221,73	54,39	155,88	38,23
10	863,11	181,10	818,71	171,78	323,10	67,79	221,73	46,52	374,98	78,68
11	162,52	29,17	234,97	42,17	323,10	57,99	221,73	39,80	155,88	27,98
12	162,52	24,95	234,97	36,07	323,10	49,61	221,73	34,04	155,88	23,93
13	162,52	21,34	234,97	30,86	323,10	42,44	221,73	29,12	155,88	20,47
14	162,52	18,26	234,97	26,40	323,10	36,30	221,73	24,91	155,88	17,51
15	162,52	15,62	234,97	22,58	323,10	31,05	221,73	21,31	374,98	36,04
16	162,52	13,36	234,97	19,31	323,10	26,56	221,73	18,23	155,88	12,82
17	162,52	11,43	234,97	16,52	323,10	22,72	221,73	15,59	155,88	10,96
18	162,52	9,77	234,97	14,13	323,10	19,44	221,73	13,34	155,88	9,38
19	162,52	8,36	234,97	12,09	323,10	16,63	221,73	11,41	155,88	8,02
20	162,52	7,15	234,97	10,34	323,10	14,22	221,73	9,76	155,88	6,86
	<b>TOTAL(USD)</b>	<b>1665,63</b>	<b>TOTAL(USD)</b>	<b>1950,90</b>	<b>TOTAL(USD)</b>	<b>2611,58</b>	<b>TOTAL(USD)</b>	<b>2884,23</b>	<b>TOTAL(USD)</b>	<b>1236,57</b>

